

Howard C. Warren
Princeton, N. J.

Bound Feb. 1923

ARCHIV

FÜR DIE

GESAMTE PSYCHOLOGIE

BEGRÜNDET VON E. MEUMANN

UNTER MITWIRKUNG

VON

PROF. N. ACH IN KÖNIGSBERG, PROF. E. BECHER IN MÜNSTER, PROF. H. HÖFFDING IN KOPENHAGEN, PROF. F. KIESOW IN TURIN, PROF. A. KIRSCHMANN IN LEIPZIG, PROF. E. KRAEPELIN IN MÜNCHEN, PROF. F. KRUEGER IN LEIPZIG, PROF. A. LEHMANN IN KOPENHAGEN, PROF. G. MARTIUS IN KIEL, PROF. A. MESSER IN GIESSEN, PROF. G. STÖRRING IN BONN UND PROF. W. WUNDT IN LEIPZIG

HERAUSGEGEBEN VON

W. WIRTH

A. O. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG

XXXVIII. BAND

MIT 13 FIGUREN IM TEXT



LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1919

Es wurden ausgegeben:

Heft 1 und 2 (S. 1—164) am 12. Juli 1918
Heft 3 und 4 (S. 165—315) am 22. August 1919

Inhalt des achtunddreissigsten Bandes.

Abhandlungen: Seite

Das Gesetz der spontanen Nachahmung.

Von

J. K. von Hoeßlin (München).

Lachen, Weinen, Gähnen wirkt ansteckend. Papageien sagen verständnislos die gehörten Laute nach und Affen wiederholen wahrgenommene Gebärden und Gesten. Den Affen und Papageien gleich verhalten sich die Kinder, ferner die Menschen primitivster Kultur. Treten Wilde Europäern zum erstenmal gegenüber, so ahmen sie ihnen alles nach. Sie wiederholen die Laute der ihnen unverständlichen Sprachen der Fremden, verständnislos, ohne sich um den Sinn des Gesprochenen zu kümmern.

Auch wir Erwachsenen und Gebildeten sind von der Tendenz beherrscht, wahrgenommene Bewegungen zu wiederholen, auch wir werden von dem Beispiel anderer hingerissen. In Augenblicken, wo große Erregung das Gesamtvolk erfaßt, geben auch wir uns dem Tun des uns umgebenden Ganzen hin.

Wie sind diese Nachahmungstätigkeiten zu verstehen? Wodurch sind sie bewirkt?

Als Reflextätigkeiten können wir sie kaum begreifen. Man unterscheidet zweierlei Wege der Reflexentstehung. Einmal entstehen Reflexe dadurch, daß ursprüngliche Willenshandlungen, die oft wiederholt worden sind, eine Assoziation der die Bewegungen bedingenden Elemente erzeugen, so daß diese Bewegungen auch dann, wenn kein Willensakt mehr sie bewirkt, automatisch eintreten.

Der andere Weg der Entstehung der Reflextätigkeiten ist nach der Annahme einer psychophysischen Theorie ein rein mechanischer. Nervenenergie strahlt von erregten Neuronenreihen auf andere mit diesen sich berührenden Nerven aus. Wenn diese Ausstrahlung sich zufällig mehrmals wiederholt hat, dann entsteht eine dauernde Verbindung der Leitungswege dieser Ausstrahlung, und die Folge ist, daß, sobald ein Glied der einen Nervenreihe in Erregung versetzt wird, auch die damit verbundenen Neuronen der anderen Reihe mitaffiziert werden. Ist diese Verbindung zweckmäßig, so verbleibt

sie durch Vererbung und Auslese als dauernder Besitz einer Gattung und geht von den Elterntieren auf ihre Nachkommen über. Die Zusammenziehung der Iris bei der Reizung der Netzhaut durch ein zu starkes Licht dient als Beispiel einer solchen, rein mechanischen Entstehung der Reflextätigkeit.

Wie verhält es sich nun mit der Tatsache der spontanen Nachahmung?

Von beiden Wegen, die die Reflextätigkeiten veranlassen, kommt der erste bei der Frage der Entstehung der Nachahmungsbewegungen überhaupt nicht in Betracht. Die zwecklose Wiederholung des Gähnens, des Lachens, erfolgt spontan, ohne Willen, ja oft sogar gegen den eigenen Willen, und es ist nicht anzunehmen, daß irgendwann einmal ein Urahne unseres Geschlechts willkürlich den Spaß sich erlaubt hat, das Gähnen und Lachen seiner Mitmenschen zum zwecklosen Zeitvertreib zu wiederholen.

Versuchen wir also darzutun, ob es vielleicht denkbar ist, daß die Nachahmungstätigkeit Folge der mechanischen Ausstrahlung der Nervenenergie sei. Wir wollen es an einem Beispiele darlegen.

Der Urmensch bzw. der Uraffe sah zum erstenmal einen Lachenden. Das optische Bild des Lachenden wurde von den Nervenmündungen *a-b-c-d* der Macula lutea aufgefangen; die hier empfangenen Reize wurden durch die in diese Zapfen und Stäbchen mündenden Neuronenreihen *a'-b'-c'-d'* in die Sehsphäre des Gehirns fortgeleitet; hier wurden die zentralen Endpunkte, also die Sehzellen *A-B-C-D*, durch den Reiz in Erregung gesetzt. Daß durch diese Erregungen die Auslösung von Sehempfindungen bedingt ist, ist bekannt. Nun aber strahlte (nach der angenommenen Hypothese) die in diese zentralen Nervenenden geleitete, überschüssige Energie von *A-B-C-D* aus und erregte zufällig andere Gehirnzellen. Einige von ihnen innervierten zum Beispiel die Iris. Andere der, unter der Ausstrahlung der Energie, erregten Gehirnzellen innervierten andere Glieder des Körpers, z. B. die Beine, oder die Hände, andere schließlich die das Lachen bewirkenden Inspirations- und Exspirationsmuskeln. Im ersten Fall müßte also bei dem Wahrnehmungsbild eines Lachenden eine Iriszusammenziehung stattfinden, im zweiten Fall eine Zusammenziehung der Beinmuskeln, im dritten Fall ein Fingerzucken, und erst im vierten Fall könnte ein Mitlachen erfolgen. Nennen wir die motorischen Nervenreihen, die die Lachmuskeln innervieren, *X-Y-Z*, so ist, nach der Annahme der hier genannten Theorie, die zufällige Ausstrahlung der überschüssigen Energie der Sehzellen *A-B-C-D* auf *X-Y-Z* der Grund, daß das

optische Wahrnehmungsbild des Lachens eine Lachbewegung der Muskeln des Urahnen hervorgerufen hat. Die Fortleitung der überschüssigen Energie der *A-B-C-D*-Zellen hat aber in anderen Fällen andere Wege eingeschlagen, nervöse Zentren affiziert, die andere Muskeln innervieren. Einmal mußte beim optischen Wahrnehmungsbild eines Lachenden eine Beinzusammenziehung stattfinden, das andere Mal ein Fingerzucken usw. Diese Beinzusammenziehung, dieses Fingerzucken beim Wahrnehmungsbild eines Lachenden ist, gleich vielen anderen zwecklosen und durch ausstrahlende Energie bedingten Reflexbewegungen, nicht erhalten geblieben.

Warum ist unter allen diesen Reflexbewegungen bei der Wahrnehmung eines Lachenden nur das Mitlachen, das, gleich allen anderen, nicht im geringsten der Erhaltung des Lebens dient, durch Vererbung von Eltern auf Kinder erhalten geblieben?

Für den Kampf ums Dasein ist die Assoziation *A-B-C-D-X-Y-Z* ebenso belanglos und gleichgültig, wie die Assoziation, die die *A-B-C-D*-Zellen mit motorischen Zentren anderer Organe verbinden.

Zufälligkeiten auf Zufälligkeiten, Vererbungen zweckloser Nervenbahnungen auf andere müssen sich häufen, wenn wir auf mechanischem Wege die Entstehung aller jener Tätigkeiten begreifen wollten, die der Nachahmungstrieb hervorruft.

Wenn wir die Reflexentstehungshypothese bis an das logisch mögliche Ende durchdenken, ersehen wir, wie willkürlich die Theorien verfahren, wenn sie die Urtatsachen des Lebens mechanisch erklären wollen.

Aber das Problem der Nachahmungstendenz wird noch unlösbarer, wenn wir eine Reihe von Tatsachen betrachten, die zwar nicht dem Nachahmungstrieb im engeren Sinne des Wortes angehören, die aber diesen spontanen Nachahmungen nahe verwandt sind.

Ich erinnere an die Tatsachen der Stigmatisation. Sie sind durch Krafft-Ebing, Forel und andere Forscher experimentell festgestellt, und sie sind durch glaubwürdige Forscher der Vergangenheit an mehreren Personen beobachtet und eingehend beschrieben worden. Was diese Stigmatisationserscheinungen von den Vorgängen des Nachahmungstriebes unterscheidet, ist, daß sie nicht vorübergehende Körperbewegungen bewirken, sondern physiologische Veränderungen von relativer Dauer hervorrufen. Ferner treten sie nicht etwa infolge ererbter Assoziationen (Trieben gemäß) ein, sondern spontan zum erstenmal.

Die Vorstellungen der Wundmale Christi rufen diese Wundmale in Realität hervor, ohne daß irgendwann einmal vorher eine innere

Assoziation der Nervenleitungsbahnen eine Verbindung der optischen Zentren des vorgestellten optischen Bildes mit den vasomotorischen Zentren, die die dem Bilde analogen Glieder des eigenen Körpers innervieren, hergestellt hatte und ohne daß hier irgendwie eine Vererbung der gleichen Assoziationen als wirksam gedacht werden kann.

Alle diese seltsamen Phänomene des Nachahmungstriebes scheinen mir verständlich zu werden, wenn wir sie mit der durch Ähnlichkeit bedingten Vorstellungsreproduktion vergleichen. Die Verwandtschaft dieser Funktion mit der Nachahmungstendenz ist bisher, meines Wissens, nur wenig beachtet worden.

Mit »Vorstellungsreproduktion durch Ähnlichkeit« wollen wir das bezeichnen, was gewöhnlich in der Psychologie »Ähnlichkeitsassoziation« genannt wird. Die Bezeichnung »Assoziation« ist bekanntlich in diesem Fall nicht zutreffend. Assoziation kann der Akt der eintretenden Verbindung von zwei oder mehreren seelischen Inhalten genannt werden, und unter »Assoziation« wird der, durch diesen Verbindungsakt eingetretene und beharrende Zusammenhang der verknüpften Inhalte verstanden.

Wenn aber der Akt der Austragung des einen Inhalts durch das Bewußtwerden des anderen mit ihm verbundenen »Assoziation« genannt wird, so ist diese metaphorische Erweiterung der Verwendungssphäre dieses Wortes eine willkürliche, die Begriffsverwirrung ermöglicht.

Auch innerhalb der Lehrmeinungen der mechanistischen Assoziationspsychologie ist auf diese Begriffsverwirrung mit Recht hingewiesen worden. R. Semon (»Die mnemischen Empfindungen«, S. 146, 371), der mit scharfem Blick die verschiedenen Momente innerhalb des Prozesses der Kontiguitätsassoziation auseinandergehalten hat, nennt die Austragung seelischer Inhalte: Ekphorie.

Unter dieser Beengung des Anwendungsgebietes des Wortes »Assoziation« können wir also sagen: Bei der Reproduktion einer Vorstellung durch Ähnlichkeit ist nicht immer und nicht notwendig eine Assoziation mit im Spiele. Hier tritt oft eine Ekphorie von Vorstellungen ein, ohne eine vorherige Verbindung.

Versuchen wir an einem Beispiel diese oft erörterte, aber für die Enträtselung unseres Problems wichtige Frage zu beleuchten.

Ich begegne einem Menschen, dessen Augen mich an ein bestimmtes Tier erinnern. Unbestreitbar ein typischer Fall der Ähnlichkeitsekphorie. Die Gesamtvorstellung dieses Tieres ist gebildet durch den Komplex der Partialvorstellungen der das Tier konstituierenden

Merkmale. Zu diesen Merkmalen gehören die Kopfform, der eigenartige Leib, die eigenartig geformten Augen usw. Alle diese Merkmale sind gewiß durch Kontiguität miteinander zu der Vorstellung dieses Tieres assoziiert. Jeder Teilinhalt löst die gesamte Vorstellung des Tieres aus. Auch die Vorstellung seiner Augen allein würde genügen, die ganze Vorstellung des Tieres in mir zu erzeugen. Aber die Augen des begegneten Menschen, den ich zum erstenmal sehe, sind nicht mit der Vorstellung des Tieres, auch nicht mit der der Augen des Tieres, an das sie mich erinnern, assoziiert und dennoch erinnern sie mich daran. An das Gesamttier denke ich durch die Reproduktionen, die die Vorstellung seiner Augen auslöst; dies unterliegt keinem Zweifel. Aber die Frage ist die: Wie haben es die Augen dieses Menschen bewirkt, daß ich an die ihnen ähnlichen Augen des Tieres denke? Eine Assoziation beider Inhalte war bisher nicht gegeben. Was bewirkte also diese hier eintretende Ekphorie?

Die Ähnlichkeit.

Jedoch: Was ist Ähnlichkeit?

Wollten wir in der Definition der Ähnlichkeit als einer partiellen Ungleichheit neben der Gleichartigkeit einzelner Teilinhalte Zuflucht suchen, so würden wir denselben Gedankenverlauf wie eben vorhin, wiederholen, und wiederum fragen, warum nun dieses gleichartige engerer Schicht das ihm gleiche in Erinnerung ruft. Immer und immer wieder würden wir auf Elemente stoßen, die nicht miteinander assoziiert sind und die nur durch ihre Ähnlichkeit bzw. Gleichartigkeit zur Ekphorie gelangen.

Der Lösung dieses Problems ist Theodor Lipps am nächsten gekommen. Auch er meint zwar: »Ist ein A einem B ähnlich, so haben sie beide (von vornherein) ein α gemein. A ist $a\,\alpha$, B ist $b\,\alpha$. Es ist also in A zugleich ein Teil des B, nämlich das in beiden enthaltene α, gegeben. Demgemäß kann die Tendenz des Auftretens des B im psychischen Lebenszusammenhange, nachdem das A darin aufgetreten ist, als eine Tendenz der Vervollständigung dieses α zu $b\,\alpha = B$ bezeichnet werden.« Aber dieser scharfsinnige Denker faßt das gemeinsame und identische α nicht als einen Teilinhalt beider Vorstellungen auf, nicht als einen sie konstituierenden Komponenten, sondern als ein zentrales Ganze. »Die Assoziation ist Ähnlichkeitsassoziation, wenn das Ganze, zu dem die Teile sich vervollständigen, ein ursprüngliches Ganzes ist« (Leitfaden der Psychologie, III. Aufl., S. 92).

Wir können den Wahrheitskern, der in diesen Darlegungen enthalten ist, weiterführen und uns dem Wortgebrauch der neuzeitlichen

analytischen Psychologie anschließend, das identische Ganze, wovon Lipps spricht, als die, durch formale Synthese entstehende, reine formale Gestalt der sich ähnlichen Vorstellungsgebilde bezeichnen. Die formale Gestalt deckt sich nicht mit dem assoziativ bedingten Komplex der Wahrnehmungsempfindungen und Vorstellungselemente.

Im bewußtseelischen Erleben des Wahrnehmens oder Vorstellens eines Gegenstandes ist gewiß der assoziative Komplex der Empfindungs- und Vorstellungselemente eng verwoben mit der formalen Gestalt, die ihn zu einem Gebilde macht. Gestalt sowohl wie sinnlicher Stoff scheinen hier unabtrennbare Komponenten eines unteilbaren Ganzen zu sein. Aber wir vermögen durch Analyse die formale Gestalt geistig herauszuheben und sie von dem sie umkleidenden sinnlichen Stoff zu lösen. Im Denken ergibt diese Heraushebung und Trennung nur ein abstraktes Erfassen der des sinnlichen Stoffes entkleideten Gestalt. Aber, daß diese formale Gestalt nicht nur abstrakt gedacht wird, sondern auch seelenwirklich da ist, d. h. seelenwirklich im Gedächtnis als formale Gestalt beharrt, zeigen die Tatsachen des Wiedererkennens und die noch zu betrachtenden Vorgänge des künstlerischen Nachbildens.

Ein Beispiel: Ich erkenne ein Gebäude, vor das ich zum erstenmal zufällig gelange, als identisch mit einem Bau, den ich unter den photographischen Aufnahmen eines Freundes einmal zufällig sah. Das kleine photographische Bild wurde damals durch optische Reize, die mein engeres Blickfeld trafen, erfaßt. Das große Gebäude selbst aber kann nicht das Sehfeld der Netzhaut auf einmal füllen und ich erfasse seine Formen dadurch, daß die Achse meiner Augen seine Konturen verfolgt. Also ich erfasse seinen Umriß durch die kinästhetischen Empfindungen der die Augapfel bewegenden Muskeln. Die Farbenflächen des wirklichen Baues sind ferner andere, als die schwarz-weißen Schattierungen der photographischen Aufnahme. Dort ein kleines, farbloses Bild, welches nur durch das fest anschauende Auge wahrgenommen wurde, hier ein Komplex bunt-optischer Teilinhalte mit kinästhetischen Eindrücken verbunden. Also die Empfindungskomponenten so verschieden voneinander, wie nur denkbar, und dennoch, ich nehme die Ähnlichkeit der auf so verschiedene Art sinnlich wahrgenommenen Gebilde wahr und ich erkenne das reale Gebäude als dasselbe, was ich aus jenem Bilde von damals kenne.

Das Identische beider ähnlicher Gebilde kann hier nicht ein sinnlicher Teilinhalt sein, sondern es ist die durch jenes photogra-

phische Bild damals bewirkte formale Synthese und deren Ergebnis: die im Gedächtnis fortbeharrende außersinnliche Gestalt, die bei der Wahrnehmung des realen Gebäudes wieder zur Erinnerung gelangt.

Daß die Teilinhalte des sinnlichen Stoffes das eine Mal aus optischen, das andere Mal aus kinästhetischen Eindrücken bestehen, kommt für die Gestalterfassung, also das Wiedererkennen, nicht in Betracht.

In psychologischen Werken begegnen wir oft dem Beispiel des Wiedererkennens einer Melodie, auch dann, wenn wir sie in einer anderen Tonart, auf einem anderen Instrument gespielt hören, wenn nicht ein einziger Ton an derselben Stelle der gleiche ist.

Das Identische der gleichen Melodie ist auch hier die formale Synthese des eigenartigen Spiels der Beziehungen der Höhenintervalle und der rhythmischen Intervalle des Zeitablaufs. Die sinnlichen Bestandteile, die Empfindungsteilinhalte sind ganz gleichgültig.

Bei Reproduktionen trifft es oft zu, daß die formale Synthese die gleiche bleibt, auch wenn die Empfindungselemente, die den Stoff dazu liefern, verschiedenen Sinnesgebieten angehören. Denken wir an das Verhältnis des Tanzes zur Musik. Die rhythmischen Beziehungen längerer und kürzerer Zeitstrecken in zeitlicher Reihenfolge der Töne werden durch das Tanzen wiederholt. Hier sind es nicht Schallempfindungen, die den Stoff des rhythmischen Spiels bilden, sondern Leibesbewegungen, die von den Tanzenden als kinästhetische Spannungen empfunden werden. Die Reihen rhythmischer Zeitintervalle werden von der akustischen Kunst in Reihen rhythmischer Körperbewegungen übersetzt. Auch die Betonungsverhältnisse, der Akzent, wird transponiert. Wir wissen, wie ein Tanzender bei einem Crescendo die Intensität der Wucht seiner Bewegungen steigert, wie er bei einem Fortissimo mit dem Fuß schlägt, wie er bei einem Piano und Pianissimo sanft hingleitet. Ob auch die melodischen Höhen- und Tiefenintervalle der Musik spontan und unmittelbar in Körperbewegungen transponiert werden können, läßt sich nicht leicht entscheiden. Die Tänze primitiver Völker, die ein Spiel charakteristischer Gebärden darstellen, könnten wohl als Inkarnationen charakteristischer Melodien bezeichnet werden. Jedoch die Möglichkeit bleibt offen, daß hier Musik sowohl wie Tanz parallele Ausdruckserscheinungen derselben Gemütsbewegungen seien.

Unsere modernen Tänzerinnen, die Musik in Tanz übertragen, führe ich nicht an, weil hier die Transposition nicht spontan, sondern bewußt und mit Überlegung geschieht.

Die Augengestaltung des mir begegneten Menschen rief in mir die Vorstellung eines bestimmten Tieres hervor. Der Turm des Ulmer Domes erregt das Erinnerungsbild des Turmes des Straßburger Münsters, die historische Seelengestalt Demetrius des Belagerers erinnert an Napoleon Bonaparte.

Soweit es sich um das Wiedererkennen oder um die Erinnerung ähnlicher Gebilde handelt, kann die Hypothese nicht abgewiesen werden, daß die identische formale Gestalt, die bleibend beharrt, das Bedingende ist, und daß die Ekphorie ähnlicher Vorstellungen durch ihnen ähnliche dadurch vor sich geht, daß die identische Gestalt die, mit ihr früher assoziierten, sinnlichen Inhalte des Vorstellungsbildes auslöst. Die formale Gestalt der Melodie, die ich wiedererkenne, war mit den akustischen Elementen, in denen ich sie einst erlebt habe, ebenso verbunden, wie gegenwärtig die jetzt eben gehörte, ihr gleiche, mit den Tönen verbunden ist, die eben jetzt dieses formale Intervallenspiel zu einer akustischen Melodie wieder versinnlichen.

Aber ich erkenne nicht nur eine Melodie wieder, sondern ich vermag eine neue, zum erstenmal gehörte Melodie, spontan und unmittelbar, in eine andere Tonart zu übersetzen. Hier genügt diese Hypothese einer vorhandenen Kontiguitätsassoziation zwischen der formalen Gestalt und den sie versinnlichenden Vorstellungs- oder Empfindungselementen nicht mehr. Hier erzeugt eine zum erstenmal gehörte Melodie eine zweite ihr ähnliche, neue Melodie, ohne das Mitwirken irgendwelcher Erinnerungen. Vollends der Vorgang der Übersetzung von Musik in Leibesbewegungen des Tanzes zwingt uns, diese Hypothese vorhandener Kontiguitätsassoziationen als unzureichend zu betrachten.

Dieses Phänomen, daß eine jenseits der sinnlichen Sphäre gegebene, formale Gestalt sich mit neuen Sinnesinhalten umgibt, so daß diese neuen Empfindungsinhalte gewissermaßen einen neuen, sie reinkarnierenden Vorstellungskörper bilden, — dieses Phänomen ist an sich unerklärbar. Wir müssen es aber als eine, durch vielfache Erfahrungen empirisch konstatierte Tatsache hinnehmen, und es nur zu beschreiben versuchen. Wir haben an dem Beispiele der Erfassung gleicher Melodien und an dem des Prozesses des Wiedererkennens dargelegt, daß die formale Gestalt der sich ähnlichen Gebilde eine suprasensuelle ist, wir können jetzt den reproduktiven Prozeß damit beschreiben, daß wir sagen: diese suprasensuelle, individuell eigenartige, synthetisch erzeugte Gestalt hat die Tendenz, entweder die komplexen Vorstellungselemente assoziativ zu wecken,

in denen sie irgendwann einmal zur empirischen Darstellung gelangt ist, oder ... Empfindungselemente bzw. Vorstellungselemente ins Leben zu rufen, die geeignet sind, als stofflicher Gegenstand diese formale Gestalt zu verkörpern, selbst dann, wenn diese Vorstellungskomplexe niemals vorher in diesem Zusammenhange erlebt worden sind.

Der Anblick des Ulmer Domturmes erregt nicht nur das Erinnerungsbild des Turmes des Straßburger Münsters (welches die mittels anderer Teilinhalte vollzogene Gestaltung eines ähnlichen Schemas ist), sondern das durch die Wahrnehmung des Domturmes bedingte Erleben der formalen Synthese seiner Gestalt erregt auch etwa bei einem bildenden Künstler das Verlangen, dieses Gebilde nachzuzeichnen, also es mit anderen Empfindungselementen zu wiederholen, bei einem Architekten das Bedürfnis, es (durch andere Äußerungsmittel) zu imitieren.

Wir würden nur allgemein Bekanntes erzählen, wenn wir daran erinnern wollten, daß das Schaffen der Dichter und Künstler nur zum Teil eine neue Gebilde erzeugende Funktion ist. Zum größten Teil ist alles geistige »Schaffen« nur ein reproduzierendes Tun. Neues erzeugende Gestalter sind die wenigen und auserlesenen Genies. Die große Zahl der gestaltenden Dichter und Künstler schaffen nur nach, sie bilden wahrgenommene Formen in neue Vorstellungsinhalte wieder. Erst das Vorbild erregt in ihnen den Drang zur Gestaltung, d. h. zur Nachbildung dessen, was sie im Vorbild innenseelisch erlebt haben. Vollends der Porträtist, der Landschaftsmaler, der sich über eine Kopie der Natur nicht hinauserhebt, der das Menschenleben schildernde, realistische Schriftsteller schaffen Wahrgenommenes nach. Die Spontaneität dieses Nachbildungstriebes wird uns offenbar, wenn wir an die Zeichnungen und Schnitzereien der Urmenschen denken. Bekannt sind die der paläolithischen Zeit entstammenden und mittels Feuersteinspitzen auf Knochen und Horn eingravierten Nachbildungen von Mammuts, Renntieren, Pferden usw. Ähnlichen Zeichnungen begegnet man bei den Australiern, Buschmännern: Völkern niederster, primitivster Kultur, die nackend und ohne Besitz durch die Wildnis irren. Menschliche Wesen, die noch nicht einmal auf die Kulturstufe gelangt sind, sich Hütten zu erbauen, werden dennoch, sobald das geistige Leben aufflackernd in ihnen erwacht, vom Drange beherrscht, die Gestalten der Gegenstände, die sie wahrnehmen, zu reproduzieren, sie auf die nächstbesten Felsenwände zu zeichnen.

Mit demselben Zwang fast, mit dem die Natur in den Nachfahren

die Formen der Elterntiere und Elternpflanzen nachahmend wiederholt, setzt auch der Urmensch wahrgenommene Formen in ähnliche Formengebilde malend und meißelnd um. Der Drang, ein wahrgenommenes Objekt nachzuzeichnen, es zu malen, ist dem Wesen nach nicht verschieden von jenem Drang, der beim Hören einer leidenschaftlichen Tanzmusik zu Tanzbewegungen hinreißt, und der Drang beider ist dem innersten Wesen nach identisch mit jener im Unbewußten wirkenden Tendenz, die es bedingt, daß bei eintretenden Vorstellungen ihnen ähnliche Erinnerungsbilder ausgelöst werden.

Die identische, formende Synthese und ihr Produkt, die formale Gestalt ist es, was nach einer sinnlichen Wiederverkörperung drängt. Die Empfindungs- und Vorstellungsbestandteile, die eine und dieselbe Gestalt versinnlichen und verkörpern, können, wie erwähnt, verschieden sein.

Die Transposition der akustisch erlebten Tanzmusik in Körperbewegungen des Tanzes ist das redendste Beispiel dieses hier beschriebenen Verkörperungsdranges der Formsynthese. Nicht nur Musik setzt sich in Tanzbewegungen um, sondern auch optische Bilder von Tanzenden erregen bei dem sie Wahrnehmenden den Drang, mitzutanzen. Wir erinnern an die bekannten Tatsachen der ekstatisch orgiastischen Tänze des griechischen Altertums, an die indischen Korybanten, die Johannis- und Veitstänze des Mittelalters. Optische Bilder werden — bei Beharrung der identischen Form — in kinästhetische Empfindungskomplexe und Bewegungen umgesetzt.

Diesen krankhaften Mittanzerscheinungen verwandt sind die Erscheinungen der Stigmatisation. Bei den Stigmatisationserscheinungen erregt die durch optisch-vorgestellte Bilder (etwa die Wundmale Christi) ausgelöste formale Gestalt des suggerierenden Bildes nicht muskelbewegende, sondern vasomotorische Nervenreihen.

Wir haben das Gesetz des spontanen Wiedertuns in der durch die Ähnlichkeit bedingten Reproduktion analoger Vorstellungen wirksam gesehen. Wir haben den Zwang, der den Künstler zum Nachbilden wahrgenommener Gegenstände bewegt, als eine Äußerung dieses Gesetzes erwähnt. Wir haben das wiederholende Tun in der Transposition der Musik zu Körperbewegungen des Tanzes beobachten können und wir haben es als die Suggestion, welche Massenbewegungen (Tänze, Begeisterungsakte usw.) auf den einzelnen ausüben, betrachtet.

Auch die spontanen Nachahmungen des alltäglichen Lebens sind Erscheinungen dieses Gesetzes des Wiedertuns. Das die Mitbewegung Erregende ist auch hier die außersinnlich erfaßte Gestalt einer Bewegung, die durch irgendeine optische oder akustische Wahrnehmung vermittelt worden ist, und welche außersinnliche Gestalt nun in ihrem Drange nach versinnlichender Äußerung diejenigen motorischen Nerven erregt, die die dem Vorstellungsbild analogen Muskelgruppen innervieren.

Zum Schlusse wollen wir noch die durch ephypnotische Suggestion bewirkten, willenlosen Handlungen nennen.

Auch hier erfolgen nachahmungsartige Handlungen durch die in Hypnose eingegebenen Vorstellungen von Taten, — Taten, die mit Nebenvorstellungen bestimmter Bedingungen und bestimmter Zeitpunkte verwoben sind und die an die Person des Hypnotisierten geknüpft werden. Der Unterschied zwischen spontaner Nachahmung und ephypnotischer Tat ist, daß die normale Nachahmung durch optische bzw. akustische Wahrnehmungen während des Wahrnehmungsaktes erfolgt, die ephypnotische Tat hingegen durch ein inneres, mit Zeitvorstellungen durchwobenes Vorstellungsbild eigenen Handelns bewirkt wird.

(Eingegangen am 24. Februar 1917.)

(Aus dem Psychologischen Seminar der Universität Kiel.)

Über die Zusammensetzung der Vokale U, O, A.

Von

Heinrich Schole (Habbrügge i. Oldenburg).

Mit 2 Figuren im Text.

Inhaltsangabe.

I. Kombiniertes Verfahren.

Daß Vokaluntersuchungen bisher zu sehr verschiedenen Ergebnissen und zu einander widerstreitenden Theorien geführt haben, liegt teils an der Einseitigkeit, mit der man hier der subjektiven, dort der objektiven Methode den Vorzug gab, teils an der Willkür, mit der man die graphischen Klangkurven entweder im Sinne der Helmholtzschen Verstärkungstheorie oder gemäß der Hermannschen Formantentheorie ausdeutete.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden gewonnen unter ständigem Handinhandgehen von subjektivem Hören und objektiver Registrierung, wobei im wesentlichen nach folgenden Gesichtspunkten verfahren wurde.

1) Einem Klang wurden zunächst einzelne, dann mehrere und zuletzt alle harmonischen Obertöne entzogen, wobei sich deren konstitutive Bedeutung für den betreffenden Vokalcharakter herausstellte[1]).

2) War der Klang auf diese Weise systematisch abgetragen, so wurden die einzelnen Teiltöne nach Möglichkeit isoliert oder in Gemeinschaft mit dem Grundton bzw. der Oktave dargestellt und so die Intensitätsverhältnisse ermittelt.

3) Alsdann wurde dem Grundton ein Bestandteil nach dem andern wieder zugeführt und der Klang synthetisch wieder aufgebaut[1]).

4) Nachdem sowohl die absolute Tonhöhe als auch die relative Intensität der Teiltöne sich als ausschlaggebend erwiesen hatte, konnte durch ein bestimmtes Interferieren eine Vokalfarbe systematisch verändert und ein Vokal in einen anderen verwandelt werden.

5) Ganz entsprechende Modifikationen wurden durch resonatorische Verstärkung bestimmter Teiltöne (Bewaffnung beider Ohren mit verstellbaren Resonatoren) hervorgebracht.

6) Die subjektive Klanganalyse — ohne Resonator und Interferenzapparat — wurde wesentlich dadurch erleichtert, daß Vokalübergänge gesungen und gehört wurden. Bei langsamer und kontinuierlicher Veränderung der Mundhöhlenresonanz konnte das sukzessive Hervortreten der harmonischen Teiltöne ohne Schwierigkeit beobachtet werden.

Das Ergebnis der Untersuchung bedeutet im wesentlichen eine Bestätigung der Helmholtzschen Auffassung.

II. Methoden zur Objektivierung.

1) Die stroboskopische Strahlenscheibe.

In Anlehnung an die von Samojloff angegebene, von Wittmann zur Objektivierung von Differenztönen benutzte stroboskopische Ringscheibe verfertigte ich eine Strahlenscheibe, deren Wirkungsweise bereits in der Wittmannschen Arbeit gelegentlich beschrieben worden ist[2]). Eine kreisförmige Scheibe wurde mit einer Anzahl radialer Strahlen versehen (2 bis 24, in gleichem Winkelabstand) und

---

1) Was Punkt 1 und 3 anbetrifft, so ist Prof. C. Stumpf (nach einer vorläufigen Zeitungsnotiz) in einer denselben Gegenstand gleichzeitig behandelnden Arbeit offenbar in ähnlicher Weise vorgegangen.

2) Wittmann, Neuer objektiver Nachweis von Differenztönen erster und höherer Ordnung. Archiv für die gesamte Psychologie. Bd. 34. Heft 2. 1915.

vor einer hellen Flamme von 2—4 mm Höhe in abgedunkeltem Raum zur Rotation gebracht. Wird ein Ton von der Schwingungszahl 64 in die Flamme gesungen, so zuckt diese 64mal in der Sekunde und erhellt in diesem Rhythmus die Scheibe. Hat die Scheibe acht Strahlen und macht sie acht Umdrehungen in der Sekunde, so stimmt ihre Strahlenfrequenz mit der Schwingungszahl des Tones überein, und infolge des stroboskopischen Effektes scheint die Scheibe zu stehen. Ist dem Ton 64 die Oktave beigesellt, so bringt diese die doppelte Anzahl von Flammenzuckungen hervor: zwischen je zwei Strahlen erscheint dann ein schwächerer Strahl. Die Duodezime bringt eine Dreiteilung, die Doppeloktave eine Vierteilung der ursprünglichen Sektoren hervor. Geringe Schwankung in der Tonhöhe hat entsprechende langsame Drehung des Strahlenbildes zur Folge. Ist etwa die Oktave gegen den Grundton verstimmt, so verschiebt sich ihr 16strahliges Bild gegenüber dem 8strahligen des Grundtons; es sind Schwebungen zwischen Differenzton und Grundton sichtbar. Bei einem komplizierten Klang, etwa dem einer Zungenpfeife, lagern sich die Abbilder der Obertöne zwischen den Strahlen des Grundtons gewissermaßen übereinander und bilden eine ganz bestimmte Strahlenzeichnung. Entzieht man dem Klang die Obertöne der Reihe nach durch Interferenz, so ändert sich das Bild entsprechend, bis zuletzt der isolierte Grundton sichtbar wird. Wie fein die Reaktionsweise der Flamme ist, zeigt sich darin, daß sie noch Töne von etwa 2000 Schwingungen getreu anzeigt; wie sicher und eindeutig die Schwingungsverhältnisse von der Scheibe demonstriert werden, zeigt sich besonders dann, wenn man, unter Freilassung zweier für die Resonanz in Frage kommenden und unter Vernichtung der übrigen Teiltöne, Vokalübergänge singt. Ganz wie das Ohr sie hört, lösen die harmonischen Teiltöne einander im Scheibenbild ab.

2) Die rußende Flamme.

Neben der stroboskopischen Scheibe wurde zur Objektivierung die rußende Flamme angewandt. Als Wittmann[1]) mit dieser Methode, die von ihm erst verfeinert und gegen verschiedene Einwände sichergestellt werden mußte, erstmalig Vokalaufnahmen machte, glaubte er diese im Sinne der Hermannschen Formantentheorie interpretieren zu müssen. Welche Umstände ihn zu dieser, mit

---

1) **Wittmann,** Über die rußenden Flammen und ihre Anwendung zu Vokal- und Sprachmelodieuntersuchungen. Archiv für die ges. Psychologie. Bd. 29. 1913.

den Ergebnissen meiner Arbeit im Widerspruch stehenden Auffassung führen konnten, wird an geeigneter Stelle dargelegt werden. Auf keinen Fall wird durch diese Differenz die Leistungsfähigkeit der rußenden Flamme in Frage gestellt. Namentlich jetzt, wo dies Verfahren in den Dienst der eigentlichen Analyse gestellt wurde, wurde es allen Anforderungen gerecht und zeichnete noch den höchsten hier in Betracht kommenden Oberton, $g^3 = 1536$ Schw., mit vollkommener Treue auf. Jedem Strahl auf der Scheibe entspricht ein Ring im Rußbild. Wirkt nun die komplizierte Klangmasse eines Vokals auf die rußende Flamme ein, so ergibt das ähnlich wie auf der Scheibe ein bestimmtes Gesamtbild. Die regelmäßige Periodik des Grundtons hebt sich bei allen Vokalen klar heraus. Was aber die einzelnen Perioden reliefartig ausfüllt, setzt sich durchweg aus Ringen von so verschiedener Intensität und so komplizierter Gliederung zusammen, daß ein Rückschluß daraus auf das Vorhandensein bestimmter Teiltöne nur in den seltensten Fällen möglich ist. Trägt man nun den Klang durch Vernichtung der Obertöne allmählich bis auf den Grundton ab, so ändert sich auch das Rußbild demgemäß und zeigt zuletzt nur noch die Kette einfacher Grundtonringe. Wird neben dem Grundton die Oktave freigegeben, so gibt sie sich durch Zweiteilung der Periode kund; die Duodezime bewirkt Dreiteilung, die Doppeloktave Vierteilung usw. Die durchgängige Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Scheibenversuche beweist, daß die rußende Flamme trotz ihrer viel größeren Dimension (8 bis 12 cm Höhe) dieselbe Labilität besitzt wie die kleine 2 mm-Flamme. Im Gegensatz zur Scheibe gestattet das Rußverfahren zwar nicht, Tonhöhenschwankungen schon während des Singens abzulesen und danach die Stimme zu korrigieren; dafür aber zeichnet es jede Welle einzeln auf, so daß man am fertigen Rußbild nicht nur die einzelnen Wellenabstände nachmessen, sondern auch das etwa durch Lippenvibration bewirkte abwechselnde Hervortreten zweier benachbarter Resonanztöne nachweisen kann. Besonders interessant war es, bei kontinuierlichem Übergang von einem Vokal zum andern — unter Freilassung der sukzessiv verstärkten und unter Vernichtung der übrigen Teiltöne — die Bilder der sich ablösenden Resonanztöne im Rußbild zu verfolgen.

III. Subjektive Analyse. Begrenzung der Aufgabe.

Obwohl das Schwergewicht der Arbeit von vornherein auf möglichst einwandfreie Registrierung gelegt wurde, wurden doch in jeder Versuchsgruppe Hörübungen vorangestellt. Es muß betont werden,

daß nur das als »Ton« zu bezeichnen ist, was im Sinnesorgan eine Tonempfindung hervorruft. Nicht das Auge, sondern das Ohr gibt den Ausschlag für die Beurteilung von Klangaufzeichnungen, und erst dadurch, daß die Beziehung zwischen Gehörtem und Registriertem eindeutig festgestellt wird, bekommt die Objektivierung ihren vollen Wert. Eine Erleichterung der subjektiven Analyse unter Verzicht auf resonatorische (den Klang modifizierende) Hilfsmittel war anzustreben; sie wurde dadurch erreicht, daß statt konstanter Klänge Vokalübergänge gesungen wurden. Die Tatsache, daß der Vokalismus der menschlichen Stimme ein Kontinuum darstellt, aus dem die Sprache bzw. der Gesang nur einzelne Vokale wie Linien aus einem Spektrum herausgreift, wird zwar von der philologischen Wissenschaft neuerdings mehr gewürdigt, ist jedoch bei Vokaluntersuchungen bislang fast gar nicht berücksichtigt worden. Und doch fällt gerade die Beobachtung des stetig sich ändernden Vokalflusses, das Erfassen der Teiltöne im Augenblick ihres Hervortretens dem unbewaffneten Ohre besonders leicht. Selbst Knaben konnten nach einiger Übung die Intervallfolge des 4., 5., 6. und 7. harmonischen Teiltones richtig nachpfeifen, wenn dieselben der Reihe nach aus dem Klang »hervorsprangen«.

Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich auf das zwischen U und hellem A (Ă) liegende Vokalgebiet, das an sich natürlich unendlich viele Vokalschattierungen aufweist. Da die Phonetik bislang nur für die fünf »Vokale« U, O, Å, A und Ă ein Schriftzeichen besitzt, so mußte versucht werden, damit auszukommen. Diese fünf Vokalindividualitäten bilden gewissermaßen die Etappen beim Durchschreiten des Kontinuums. Hier wurde jedesmal der objektiven Analyse Gelegenheit gegeben, Stichproben zu machen und das Ergebnis des subjektiven Hörens nachzuprüfen.

Der Gang der Untersuchung ist bei den fünf Teilgebieten ziemlich derselbe; nachdem das Ohr die Resonanztöne ermittelt hat, wird die Wirksamkeit der einzelnen Teiltöne durch sukzessives Vernichten derselben erprobt und die jedesmalige Klangwirkung tabellarisch registriert. Dann folgen stroboskopische Versuche und Rußaufnahmen. Auf eine getreue Wiedergabe der Strahlen- und Rußbilder mußte verzichtet werden, da deren außerordentliche Feinheit — es drängen sich zuweilen vier Rußringe auf 1 mm zusammen — eine nur annähernd befriedigende Reproduktion nicht erhoffen ließ. Einige schematische Darstellungen werden die notwendigste Anschauung vermitteln. Zum Schluß wird jeder Vokalklang durch resonatorische Verstärkung (bzw. Abdämpfung) einzelner Teiltöne

modifiziert und nach Möglichkeit in eine der anderen Vokalindividualitäten verwandelt.

Bezüglich der Hörversuche mag noch eine kurze Erläuterung am Platze sein. Die Versuchsperson intoniert den Vokal auf einen beliebigen Ton und bemüht sich, die Mundstellung möglichst genau festzuhalten. Nachdem durch Hauchen und Perkussion die Resonanzhöhe der Mundhöhle festgestellt ist, wird der Vokal auf einen Stimmton gesungen, zu dem die Mundhöhlenstimmung in harmonischem Verhältnis steht. Der jetzt optimal verstärkte Teilton (»Formant«) tritt in diesem Falle so aufdringlich aus dem Klang hervor, daß er dem unbewaffneten Ohr nicht entgehen kann. Dann wird, unter peinlicher Innehaltung der Mundstellung, die Stimmtonhöhe nach oben und unten kontinuierlich geändert. Würde, wie die Formantentheorie behauptet, die Mundhöhle durch den phonetischen Exspirationsstrom im eigentlichen Sinne »angeblasen«, so müßte die Tonhöhe des »Formanten« konstant bleiben, er müßte also sowohl beim Hinaufgehen wie beim Hinuntergehen des Stimmtons unharmonisch werden. Das tritt jedoch keineswegs ein. Vielmehr ändert sich seine Tonhöhe, und zwar stets so, daß er harmonisch zum Stimmton bleibt, also ganz im Sinne der Verstärkungstheorie. Geht der Stimmton langsam hinauf, so steigt auch der laute Resonanzton. Seine Intensität nimmt langsam ab. Dafür meldet sich plötzlich der Oberton nächstniederer Ordnung; die Aufmerksamkeit erfaßt beide eine Zeitlang in dem ihnen eigentümlichen Intervall, bis ihr der erste, immer schwächer werdende, entgleitet. Der zweite erreicht seine höchste Intensität dann, wenn seine Tonhöhe mit der Mundhöhlenstimmung genau zusammenfällt, und wird später von seinem Nachbar nächstniederer Ordnung abgelöst usw. In tiefer Stimmlage können auch drei oder vier Obertöne gleichzeitig verstärkt werden.

Noch eindringlicher offenbart sich die Wirksamkeit harmonischer Teiltöne, wenn man den Stimmton auf konstanter Höhe läßt und durch langsame Veränderung der Mundstellung den Resonanzraum modifiziert. Die entsprechenden Teiltöne springen dann mit großer Klarheit hervor, am leichtesten erkennbar in Stimmlagen, wo der 4., 5., 6. und 7. einander ablösen. Es wurde nicht nur von der U- zur O-Stellung, von der O- zur Å-Stellung usw. übergegangen, sondern hier und dort auch eine Exkursion in seitlicher Richtung gemacht, z. B. von U nach Ü und von O nach Ö. Je nachdem die Veränderung durch die Lippen, durch die Zunge oder durch den Unterkiefer bewirkt wird, tritt diese oder jene Klangänderung ein, wobei bemerkenswert ist, daß verschiedene Vokale sehr wohl die

gleichen Resonanztöne besitzen können. Die Einstellung des vorderen Teils des Resonanzraums auf eine bestimmte Höhe und die Verstärkung der entsprechenden hohen Teiltöne reicht allein zur Bildung eines bestimmten Vokals nicht aus; die Form der Rachenhöhle, die besonders durch die Zungenlage bedingt wird, ist wesentlich mitbestimmend und hat offenbar den größten Einfluß auf das Intensitätsverhältnis der tieferen Teiltöne.

IV. Vorversuche.

Unter dieser Rubrik hatte ich anfangs eine längere Reihe von Versuchen vereinigt, die sich speziell mit der Nachprüfung der Hermannschen Ergebnisse befaßten. Die wirklich bewundernswerte Feinheit der Hermannschen Registrierung, die bisher wohl von keiner anderen Methode übertroffen wurde, ferner die außerordentliche Sorgfalt, mit der die Ausdeutung der Klangkurven versucht wird, veranlaßte mich immer aufs neue, ernsthaft auf die von Hermann entwickelte Theorie einzugehen. Jetzt, nach etwa zweijähriger Arbeitszeit, erscheinen die Resultate meiner Analysen so weit gesichert, daß ich mich hier auf die Mitteilung derjenigen Versuche beschränken darf, die in mehr positivem Sinne das Vokalproblem aufhellen und dem Verständnis des Folgenden förderlich sind.

1) Vokalfärbung harmonischer Teiltöne.

Wenn die Charakteristik des Vokals nur in der anaperiodischen Erneuerung der Formantschwingung und deren spezieller Oszillation oder Intermittenz beruht, so muß es unmöglich sein, Klänge von anerkannt harmonischer Zusammensetzung durch resonatorische Verstärkung so zu modifizieren, daß deutliche Vokalfärbung entsteht. Hermann[1]) weist auf die merkwürdige Tatsache hin, daß kein Instrument A-artig klingt. »Und doch sollte man das wenigstens für gewisse Notenlagen erwarten, wenn es bloß auf die Amplitudenverhältnisse der Partialtöne ankäme.« Es treten nun in der Tat überraschende Vokalfärbungen auf, wenn man beide Ohren mit einem Resonator bewaffnet und dann den Klang einer tieferen Zungenpfeife einwirken läßt.

Versuch 1. Zwei gleiche Resonatoren wurden durch einen elastischen Bügel derart verbunden, daß sie leicht vor die Ohren zu klemmen waren. Die Öffnung eines jeden wurde mittels einer Irisblende verstellbar gemacht, so daß die Resonanzhöhe zwischen g^1 und c^3 variierte.

Der geöffnete Doppelresonator gibt den tieferen Klängen des Appunnschen Obertonapparates eine ausgesprochen vokalische

1) Pflügers Archiv. Bd. 61. S. 192.

A-Färbung. Bei langsamem Schließen der Blenden geht dieselbe allmählich in Å-, O- und U- bzw. M-Färbung über. Der Eindruck ist besonders überraschend, wenn man die Öffnungen eine Zeitlang mit den Händen verschließt und plötzlich für eine bestimmte Färbung freigibt. Man überzeugt sich bald, daß immer einzelne Teiltöne des Klanges, bei offenem Resonator hohe, bei fast geschlossenem tiefe, verstärkt werden und deshalb besonders wirksam sind. Sobald nun ein Oberton isoliert erfaßt wird, was im Augenblick seines Eintritts in den Resonator am leichtesten ist, so tritt erstens der Gesamtklang in der Auffassung ganz zurück, zweitens aber, und das ist besonders merkwürdig, scheint die Vokalfärbung vom Gesamtklang auf den Oberton überzugehen[1]).

Vom Klang $C = 64$ Schw. hört man bei geschlossenem Resonator nur ein M-artiges Brummen. Bei der geringsten Öffnung tritt der dritte Teilton $g = 192$ Schw. als dumpfes U hinein; ihm folgen immer heller werdend, c^1, e^1, g^1, alle noch U-artig. Beim 7. Teilton b^1 wird die Färbung O-artig und bleibt es bis zum 9. Beim 10., 11. und 12. tritt A-Färbung auf, beim 13., 14. und 15. A-Färbung, und endlich beim 16., 17. und 18. helle Ă-Färbung. Daß die Vokalfärbung der Teiltöne nur von deren Schwingungszahl, nicht aber von der Ordnungszahl abhängt, zeigt die Analyse der Klänge $c = 128$ und $c^1 = 256$, deren Ergebnis hier übersichtshalber mit dem vorigen zusammengestellt wird.

$C = 64.$

Ordn.-Zahlen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Noten	C	c	g	c^1	e^1	g^1	b^1	c^2	d^2	e^2		g^2		b^2	h^2	c^3		d^3
Schw.-Zahlen	64	128	192	256	320	384	448	512	576	640	704	768	832	896	960	1024	1088	1152
Vokalfärbung	M		U				O			Å			A			Ă		

$c = 128.$

Ordn.-Zahlen	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Noten	c	c^1	g^1	c^2	e^2	g^2	b^2	c^3	d^3
Schw.-Zahlen	128	256	384	512	640	768	896	1024	1152
Vokalfärbung	M	U		O	Å		A	Ă	

$c^1 = 256.$

Ordn.-Zahlen	1	2	3	4
Noten	c^1	c^2	g^2	c^3
Schw.-Zahlen	256	512	768	1024
Vokalfärbung	U	O	A	Ă

1) Auf die »Vokalitätenlehre« W. Köhlers wird weiter unten eingegangen. Die folgenden Ergebnisse wurden unabhängig von Köhler gewonnen und dürften dazu beitragen, die vielfach vorhandene Skepsis bezüglich seiner Lehre zu zerstreuen.

Mit zunehmender Höhe des Grundtons fallen immer mehr Vokalschattierungen aus, und bei c^2 ist nur noch O und Å vertreten.

Da bei der menschlichen Stimme auch oberhalb c^1 ein kontinuierlicher Übergang von einem Vokal zum anderen möglich ist, obgleich nur drei Obertöne mit Vokalfärbung in Betracht kommen, so kann man nicht jede Vokalschattierung gesungener Klänge einfach auf die Verstärkung eines einzigen Teiltons zurückführen, der an sich entsprechende Färbung aufweist. In der Folge wird sich zeigen, daß zwar im allgemeinen das Gesetz gilt, daß ein Teilton aus dem entsprechenden Zahlengebiet vorhanden sein muß, daß aber auch zwei entferntere Teiltöne bei gleicher Verstärkung eine Art mittlere Wirkung, bei besonderer Intensitätsabstufung eine Art Proportionalwirkung hervorrufen können. Wird z. B. im Klang $c = 128$ e^2 und g^2 (5 und 6) gleichmäßig verstärkt, so gibt das dieselbe A-Färbung, die bei $C = 64$ durch Verstärkung des 11. Teiltones hervorgebracht wird; wird in $C = 64$ g^2 mäßig, h^2 aber sehr verstärkt, so ist die Wirkung etwa dieselbe wie wenn b^2 allein verstärkt würde. Hieraus kann a priori schon folgendes geschlossen werden: Soll $c^1 = 256$ als Gesamtklang O-artig klingen, und ist neben dem Grundton nur die Oktave $c^2 = 512$ (die für sich allein O-Charakter hat) vorhanden, so muß diese gegenüber dem Grundton sehr laut sein. Ihre Intensität darf jedoch etwas geringer sein, wenn neben ihr noch die Duodezime $g^2 = 768$ (die für sich allein Å-Färbung hat) wirksam ist. Der vokalische Effekt ist dann etwa derselbe, wie wenn der Klang $d^1 = 288$ eine sehr starke Oktave $= 576$, und nur diese, besitzt. — Der 13. Teilton von $C = 64$ wird, für sich allein betrachtet, durchaus als A-artig empfunden. Seine optimale Verstärkung in einer tiefen Baßstimme vermag jedoch dem Gesamtklang nicht diese helle Färbung zu verleihen; der Sänger singt nicht A, sondern A, wenn er seine Mundhöhle darauf abstimmt. Um die Wirkung der unterhalb des 13. liegenden Teiltöne zu kompensieren, muß er schon den 14., 15. oder 16. Teilton optimal verstärken.

2) Drei weitere Versuche zur Stütze der Resonanztheorie.

Versuch **2.** Ein Metallring wurde mit zwei Membranstücken derart bespannt, daß dieselben nach Analogie der Stimmbänder eine Stimmritze bildeten. Der Ring wurde auf einem verstellbaren Resonator befestigt, die trennende Wand durchbohrt und die entstehende Öffnung mit einer dünnen Membran überspannt. Ein im Innern des Ringes mündendes Mundstück führt den Luftstrom zu. Dies einfache Instrument bringt zwar keine Vokale hervor, aber doch Laute, die der menschlichen Stimme ähnlich sind. Ein »An-

blasen« des Resonators ist ausgeschlossen, da er luftdicht gegen den Ring abgeschlossen ist. Trotzdem wirkt er außerordentlich modifizierend auf den Klang ein. Ausziehen und Schließen des Resonators bewirkt, daß der Klang ($C = 64$) dumpf und brummend wird; teilweises Öffnen macht ihn U-artig, weiteres Öffnen und Verkürzen O-, Å- und zuletzt A-artig. Mit großer Leichtigkeit überzeugt sich das unbewaffnete Ohr, daß immer harmonische Obertöne durch den Resonator verstärkt werden. Es ist zu betonen, daß der Übergang von einer Vokalfärbung zur anderen sich durchaus kontinuierlich vollzieht, auch da, wo die Obertöne weite Intervalle bilden. Liegt die Stimmung des Resonators in der Mitte zwischen zwei Obertönen, so werden diese beiden in gleicher Weise verstärkt und sind in ihrem eigentümlichen Intervall deutlich nebeneinander aus dem Klang herauszuhören, namentlich dann, wenn man die Hand zur Abstimmung benutzt und die Finger etwas vibrieren läßt, wobei dann die beiden Töne in ihrer relativen Intensität oszillieren und trillerartig zu wechseln scheinen. Durch Anwendung kleinerer Resonatoren konnte bei $C = 64$ die ganze Skala der Teiltöne bis zum 32. (c^4) zur Verstärkung und mühelosen Wahrnehmung gebracht werden.

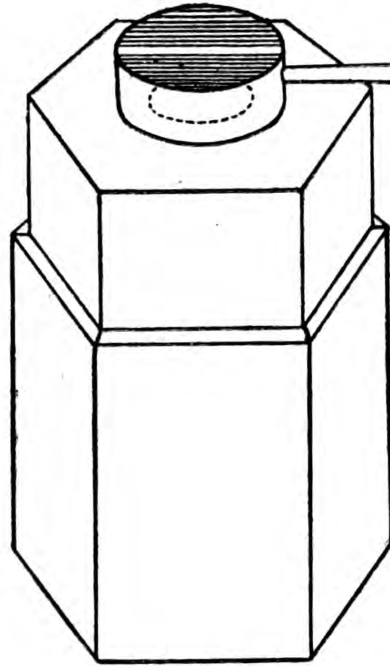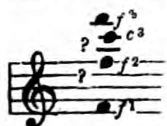


Fig. 1.

Versuch **3.** Bei 25 erwachsenen Personen beiderlei Geschlechts wurde die untere Grenze der Mundresonanz festgestellt. Dieselbe schwankte zwischen a^1 (zwei Fälle) und cis^2, bei der Mehrzahl ergab sich b^1. Hieraus dürfte hervorgehen, daß der tiefe U-Formant (den Hermann auf c^1 bis e^2 angibt), falls er existierte, jedenfalls kein »Eigenton« der Mundhöhle sein könnte.

Versuch **4.** Folgender Interferenzversuch wird vielleicht von vornherein davon überzeugen, daß in Vokalklängen außer harmonischen Teiltönen kein unharmonischer Formant als Eigenton der Mundhöhle vorhanden ist. G. R. (Tenor) singt auf die Note f^1 das gesamte Vokalkontinuum U–O–A–A–Ă.
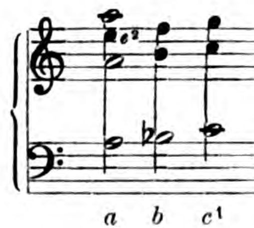


Vernichtung von f^3 hat auf U bis A keinen Einfluß, Ä wird dunkler. Als f^1 (und mit ihm c^3) dazu ausgelöscht wird, hört man beim Singen sämtlicher Vokale und Vokalübergänge nichts als den restierenden Ton f^2. Wird auch dieser gelöscht, so ist nur noch das schwache Reibungsgeräusch des Exspirationsstromes zu hören. Die Mundhöhlenresonanz durchläuft beim Singen das Intervall einer ganzen Oktave, c^2 bis c^3. Namentlich bei c^2, d^2 und a^2 müßte ein Eigenton der Mundhöhle sich unbedingt verraten, da die Interferenz ihn hier nicht vernichten kann. Er erscheint auch tatsächlich dann, wenn er auf diese drei Tonhöhen — ohne Stimmton — mit dem Munde gepfiffen wird.

V. Analysen und Verwandlungen der Vokale.

Die Stimmung des Appunnschen Apparates wird auch für die Folge zugrunde gelegt ($c^2 = 256$ Schw.). Die durch die Noten bezeichneten Töne sind also alle etwas tiefer, als die Kammerstimmung sie vorschreibt. Für Obertöne von hoher Ordnungszahl ist außerdem die Notenbezeichnung öfters unzureichend; da sie so instruktiv ist, empfahl es sich, von ihr möglichst weitgehend Gebrauch zu machen.

1) Der Vokal U (Versuch 5—16).

Versuch **5.** G. R. (Tenor) intoniert U zunächst in beliebiger Tonlage. Prüfung der Mundhöhlenstimmung durch Hauchen und Perkussion ergibt e^2. Darauf wird gesungen auf die Note a, so daß e^2 der dritte harmonische Teilton des Stimmklanges ist. e^2 hebt sich mit großer Klarheit aus dem Klange heraus, scheint nahezu gesondert nebenher zu gehen; a^1 und a^2 sind daneben sehr schwach.
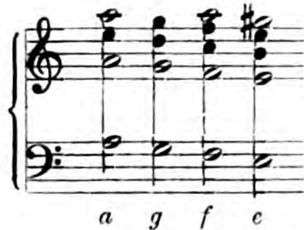


Nach einiger Übung gelingt es, e^2 unter Innehaltung der U-Mundstellung ohne Stimmklang zu pfeifen und dann den Stimmklang abwechselnd hinzutreten und verstummen zu lassen. Steigt der Stimmton kontinuierlich von a nach b, so geht e^2 parallel nach f^2. e^2 dann festzuhalten, ist unmöglich. Selbst wenn die Mundhöhlenstimmung auf d^2 herabgedrückt wird, bleibt f^2, doch tritt dann auch b^1 hervor. Ein gepfiffenes e^2 verstummt sofort, wenn der Stimmton b hinzutritt, und macht f^2 Platz. Wird die Mundhöhle auf f^2 abgestimmt, so daß dieser Ton im Klange b optimal verstärkt wird, so wird die Vokalfärbung sehr hell und ist kaum noch U-artig zu nennen. Steigt die Stimme langsam von b nach c^1, so geht b^1 nach c^2, f^2 immer leiser werdend nach g^2. Stimmt der Sänger die

Mundhöhle auf c^2 ab (dunkles U), so empfindet er, auf die Note c^1 singend, ein unangenehmes Kitzeln im Ohr; die resonatorische Wirkung ist offenbar sehr groß. c^2 ist laut hörbar, g^2 daneben sehr leise. Der Grundton der drei Klänge ist besonders stark. Oberhalb der bezeichneten Resonanztöne sind keine Teiltöne mehr wahrzunehmen.

U in der Stimmlage *a* bis c^1 wurde noch bei zwei Männerstimmen (H. S., A. S.) und zwei Knabenstimmen (K. I., O. I.) analysiert. Wo es möglich war, einen lauten »Eigenton« der Mundhöhle zu konstatieren, da war derselbe harmonisch zum Grundton; ihn bei Änderung des Stimmtons festzuhalten, war nicht möglich.
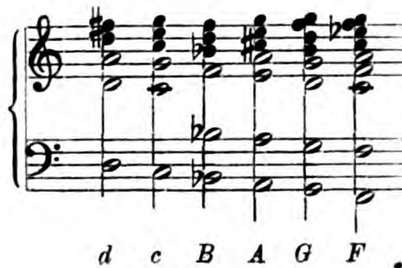
Ergebnis: Die U-Klänge *a*, *b*, c^1 haben einen starken Grundton und die harmonischen Resonanztöne e^2, $b^1 + f^2$, $c^2 + g^2$.

Versuch **6.** A. S. (Baß) intoniert U auf die Note *a*. e^2 klingt, weil optimal verstärkt, deutlich aus dem Klang heraus. Geht die Stimme langsam nach *g* hinunter, so wandert e^2 nach g^2. Daneben wird d^2 hörbar, leiser als g^2. Der Sänger bemüht sich, dieselbe Tonfolge als dumpfes U zu singen: Jetzt wandert e^2 nach d^2; g^2 ist nur sehr leise zu hören. Beim Hinuntergleiten des Stimmtons von *g* nach *f* sinkt (bei hellem U) auch das laute g^2 entsprechend nach f^2. Bei dumpfem Intonieren wandert ebenso d^2 nach c^2 (bei anderen Versuchspersonen auch nach f^2). Auch die nächste Tonstufe *f*—*e* macht die Doppeloktave f^2 nach e^2 (helles U) konsequent mit, desgleichen geht (bei dumpfem U) die Duodezime c^2 nach h^1. Die Mundhöhle auf h^1 direkt abzustimmen und diesen Ton zu optimaler Resonanz zu verhelfen, macht bereits Schwierigkeit.



Ergebnis: Die U-Klänge *a*, *g*, *f*, *e* haben die harmonischen Resonanztöne e^2, $d^2 + g^2$, $c^2 + f^2$, $h^1 + e^2$.

Versuch **7.** In dieser tiefen Stimmlage sind Beobachtungen an fremden Stimmen schwierig und zeitraubend, denn wo vier dicht zusammenliegende Teiltöne für die Mundresonanz in Frage kommen, ist peinliches Innehalten derjenigen Mundstellung, die für einen derselben optimale Resonanz ermöglicht, äußerst schwer. Bei den Vpn. trat schnell Ermüdung und demzufolge Vibration der Mundmusku-



latur ein, wobei dann zwei benachbarte Resonanztöne trillerartig in schnellem Wechsel zu Gehör kamen.

Unter diesen Umständen mußten die Resultate der Selbstbeobachtung am gesichertsten und vollständigsten werden, und diese werden deshalb allein hier mitgeteilt.

Note *d*. Bei normalem U sind stets d^2 und fis^3 nebeneinander hörbar. Bei dunklem U überwiegt d^2, bei hellem fis^2. Auf jeden der beiden Töne kann die Mundhöhle direkt eingestellt werden, ohne daß der U-Charakter verloren geht.

Note *c*. Normales U verstärkt c^2 und e^2, dunkles c^2 allein, helles e^2 und g^2. Sowohl c^2 wie e^2 können optimale Resonanz erhalten.

Note *B*. Normales U verstärkt d^2 und f^2, dunkles U b^2 und d^2, helles U f^2. [G. R. vermochte nur d^2 und f^2 zu verstärken. Der trillerartige Wechsel dieser beiden Töne war hier besonders gut zu beobachten. Ein zwischen d^2 und f^2 abgestimmter Doppelresonator schlug abwechselnd auf den einen und den anderen Ton an. Noch deutlicher wurde der Wechsel, wenn der Resonator des einen Ohres auf d^2, der des anderen auf f^2 abgestimmt wurde. Die Erscheinung war noch in 30 m Entfernung zu beobachten.]

Note *A*. Normales U verstärkt am meisten e^2, doch sind cis^2 und g^2 so benachbart, daß sie stets gut mit wahrzunehmen sind. Bei dunklem U tritt cis^2, bei hellem g^2 stärker hervor. Der Triller $e^2 + g^2$ kann schon bei geringer Ermüdung nicht mehr vermieden werden.

Note *G*. Normales U verstärkt d^2 und f^2 (vgl. Note *B*), doch sind auch h^1 und g^2 leise hörbar. Dumpfes U verstärkt h^1 und d^2, helles d^2, f^2 und g^2. Infolge des engen Intervalls f^2—g^2 bekommt das helle U etwas Geräuschartiges, namentlich wenn trillernder Wechsel eintritt.

Note *F*. Normales U verstärkt es^2 und f^2. [f^2, das bisher nur für helles U in Frage kam, wurde auch bei A. S. normalerweise verstärkt.] Dunkles U verstärkt c^2 und es^2. es^2 bleibt auch dann deutlich hörbar, wenn die Mundhöhle direkt auf c^2 abgestimmt wird. Helles U verstärkt f^2 und g^2, die fast immer trillern.

Es wurde noch besonders geprüft, ob bei genauer Einstellung der Mundhöhle auf fis^2 etwa auch ein Ton fis^2 (als Zwischenton von f^2 und g^2) zu hören sei. Es war, auch bei fehlender Vibration, nie der Fall. Stets hört das Ohr

beide Töne in ihrem dissonierenden Intervall gesondert, wogegen die graphische Aufzeichnung auf einen schwebungsartig oszillierenden »Ton« fis^2 schließen lassen würde. Was in solchen Fällen als Ton anzusprechen ist, darüber kann nur das Ohr die Entscheidung fällen.

Note *F-G-A-B-c*. Wird die Tonfolge *F G A B c* unter Innehaltung der Mundstellung c^2 gesungen, so gibt ein auf c^2 abgestimmter Doppelresonator die Obertonfolge c^2 d^2 cis^2 d^2 c^2 als vorwiegend verstärkt an.

Ergebnis: Die Resonanztöne der U-Klänge liegen zwischen b^1 und g^2. Optimale Resonanz erhalten bei dunklem U die Töne c^2—d^2. bei hellem U d^2—f^2.
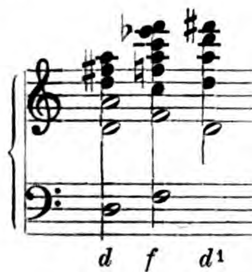
Versuch **8.** Es wurden, von dunklem U ausgehend, Vokalübergänge gesungen. Das allmähliche Höherstimmen der Mundresonanz geschah

1) durch Zurückziehen der vorgestülpten Lippen unter Innehaltung der ursprünglichen Zungen- und Kieferstellung;
2) durch Vorwärtsbewegen der im hinteren Teil des Mundes zusammengeballten Zunge unter Innehaltung der ursprünglichen Lippen- und Kieferstellung;
3) durch Senken des Unterkiefers.

Unbefangene und musikalisch nicht geschulte Hörer hatten dabei ohne die Hilfe eines Resonators die nacheinander zur Verstärkung gelangenden Obertöne zu beachten und nach Möglichkeit nachzupfeifen oder in tieferen Oktaven nachzusingen. Ferner hatten sie die Klangwirkung zu beurteilen, insbesondere anzugeben, wann der Vokalklang nicht mehr als U gelten konnte.

Gesungen wurden die Klänge in diesem wie im folgenden Versuch von mir selbst.

Note *d*. Durch weites Vorstülpen der Lippen wird d^2 zu optimaler Resonanz gebracht, bei langsamem Zurückziehen fis^2, dann a^2. K. I. (13 Jahre alt) urteilt, nachdem er den Wechsel der drei Obertöne einigemal sowohl in langsamer wie in schneller Folge beobachtet hat: »Wie leises Glockenläuten.« Er vermag alsdann den gehörten Dreiklang spontan und richtig nachzupfeifen. In gleicher Weise gelingt ihm Beobachtung und Reproduktion, wenn der Wechsel durch Vorwärtsbewegen der Zunge (unsichtbar) oder durch Senken



des Kiefers hervorgebracht wird. G. R. und O. I. deuten nach längerem Hören auch die genannten Töne richtig durch Singen an.
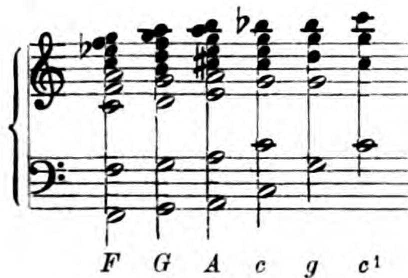
Bei verstärktem a^2 wurde der Klang als ein U noch in dem Falle anerkannt, wo Zurückziehen der Lippen stattgefunden hatte, jedoch nicht, wenn die Resonanz durch Zungenbewegung oder Senken des Kiefers auf diese Höhe gebracht worden war. In den letzten beiden Fällen entsteht ein Laut, der einerseits an Ö, andererseits an spirantisches *G* erinnert. Interessant war die Bemerkung von K. I., daß der höchste der drei Töne (a^2) wie A klinge, obgleich U gesungen würde. (Vgl. Versuch 1.)

Note *f*. Nur durch sehr starkes Vorstülpen der Lippen kann c^2 zu optimaler Resonanz gebracht werden. Der durch Lippenbewegung entstehende Quartsextakkord $c^2\,f^2\,a^2$ wird von K. I. spontan und richtig wiedergegeben, später auch c^3 erkannt. Zungenbewegung gestattet sukzessive Verstärkung von f^2, a^2, c^3, es^3 und f^3. Der Dominantseptakkord $f^2\,a^2\,c^3\,es^3$ kann mit solcher Klarheit hervorgebracht werden, daß diese Übung — gerade auf die Note *f* — sich empfiehlt, das Ohr an Akkorde in reiner Stimmung zu gewöhnen. Bei Kieferbewegung kann nur die Tonfolge $f^2\,a^2\,c^3$ deutlich zu Gehör gebracht werden. Verstärkung von c^3 ergibt die Spirans *g*. Bei allen drei Artikulationsarten geht der U-Charakter bereits bei optimaler Verstärkung von a^2 verloren. Wird durch Zungenbewegung die Resonanzhöhe auf f^3 gebracht, so entsteht ein dem i angenähertes Ü.

Note d^1. Die durch Lippen- oder Kieferbewegung hervortretende Tonfolge $d^2\ a^2$ wird von K. I., G. R. und O. I. mühelos erkannt und richtig angegeben. Verstärkung von a^2 gibt bei Zurückziehung der Lippen noch helles U, bei Kiefersenkung jedoch A-artige Beimischung, bei Zungenbewegung eine Annäherung an Ü. Verstärkung von d^3, besser noch von fis^3 infolge Zungenverschiebung ergibt ein dem i angenähertes Ü.

Ergebnis: Wird bei den U-Klängen die Mundhöhle von c^2 aus kontinuierlich höher gestimmt, so treten die harmonischen Teiltöne der Reihe nach verstärkt aus dem Klange hervor. Geht die Resonanzhöhe über g^2 hinaus, so verlieren die Klänge ihren U-Charakter.
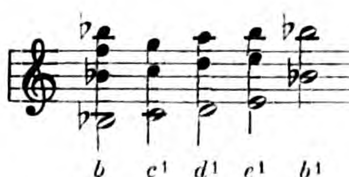
Versuch 9. Da bei optimaler Verstärkung von a^2 sich meistens schon eine Deformation des U gezeigt hatte, so war g^2 als obere Grenze des Verstärkungsgebietes anzunehmen. Es wurde nun bei allen denjenigen Klängen, die g^2 als harmonischen Teilton enthalten, die Resonanz auf die drei angegebenen Weisen von c^2 aus in die Höhe getrieben. Bei optimaler Verstärkung von g^2 wurde die Klangwirkung beurteilt. Die hervortretenden Resonanztöne sind, über das U-Gebiet hinausgehend, im nebenstehenden Notenbeispiel so weit angegeben, als sie auch vom weniger geübten Ohr leicht erfaßt werden.



Note	Die Resonanz wurde auf g^2 gebracht durch Lippenbewegung	Die Resonanz auf g^2 gebracht durch Kieferbewegung	Die Resonanz auf g^2 gebracht durch Zungenbewegung	Höherer verstärkter Ton	Verstärkung höherer Töne, erreicht durch Zungenbewg.
F	spirantisch *g*-artig	*g*-artig	zwischen Ü und Ö	f^3	Ü
G	kaum noch U	O-artig	desgl.	g^3	Ü
A	kaum noch U	O-artig	desgl.	g^3–a^3	Ü
c	helles U	O-artig	desgl.	g^3	Ü
g	helles U	O-artig	desgl.	g^3	Ü
c^1	helles U, g^2 geht mit Å-Färbung isol. nebenher	Å-artig, g^2 erscheint isol.	Ö-artig	g^3	Ü (i)

Ergebnis: Die Charakteristik eines Vokals hängt nicht nur von der Resonanzhöhe der Mundhöhle ab, sondern wesentlich auch von der speziellen Form des Resonanzraums. Wird, von normaler U-Stellung ausgehend, nur die Lippenstellung geändert, so kann der Vokal bei der Resonanzhöhe g^2 noch U-artig bleiben, während er durch Änderung der Kieferstellung O-artig, durch Änderung der Zungenstellung Ü- oder Ö-artig wird. Hinaufschrauben der Resonanzhöhe auf g^3 durch bloße Zungenbewegung bewirkt Artikulation des Ü.

Versuch 10. Die bisherigen Versuche ergaben, daß für das U eine Mundresonanz b^1—g^2 in Frage kommt. Nachdem aber in Versuch 1 festgestellt wurde, daß U-Färbung nur den etwa zwischen g und g^1 liegenden Tönen anhaftet, während die hier in Betracht kommenden verstärkten Teiltöne O- bzw. Å-Charakter haben, drängt sich die Vermutung auf, daß die Mundresonanz b^1—g^2 an der Charakteristik des



U nur sekundären Anteil hat. Die Wirksamkeit der einzelnen Teiltöne wurde nun dadurch ermittelt, daß sie der Reihe nach ausgelöscht wurden, worüber folgende Tabelle im einzelnen Auskunft gibt.

Besondere Artikulation des U		Gelöschte Teiltöne	Noch wirksame Teiltöne	Beurteilung
Note b	hell	b^2	b, b^1, f^2	keine Änderung
	»	$b^2 + f^2$	b, b^1	dumpfes U
	»	b geschwächt	b, b^1, f^2, b^2	Å-artig
	»	$b + b^1$ geschw.	»	Å
	dumpf	»	»	bleibt U
	hell	$b^1 + f^2 + b^2$	b	dumpfes U, wie gedackte Pfeife
	»	$b + b^1 + f^2 + b^2$	—	nur Atmungsgeräusch
Note c^1	hell	g^2	$c^1 + c^2$	dunkles U
	»	$g^2 + c^2$	c^1	dumpfes U, wie gedackte Pfeife
	»	$g^2 + c^2 + c^1$	—	Atmungsgeräusch
	»	$c^1 + g^2$ geschw.	$c^1 + c^2 + g^2$	O
	»	$c^1 + g^2$ gelöscht	c^2	c^2 wie hohe Frauenstimme
Note d^1	hell	a^2	$d^1 + d^2$	etwas dunkleres U
	»	$a^2 + d^2$	d^1	dumpfes U, wie gedackte Pfeife
	»	$a^2 + d^2 + d^1$	—	Atmungsgeräusch
	»	$d^1 + a^2$	d^2	d^2 wie hohe Frauenstimme
	»	d^2	$d^1 + a^2$	Å-artig
	»	d^1 geschwächt	$d^1 + d^2 + a^2$	O
Note e^1	Mundhöhle e^2	h^2	$e^1 + e^2$	keine Änderung
	»	$h^2 + e^2$	e^1	dumpfes U, wie gedackte Pfeife
	»	$e^1 + h^2$ geschw.	$e^1 + e^2 + h^2$	O
	hell	e^2	$e^1 + h^2$	A-artig
Note b^1	Nur sehr hell möglich	b^2	b^1	Flötenton, sehr hell U-artig
		$b^2 + b^1$	—	nur Atmungsgeräusch

Ergebnis: Aus diesem Versuch ist zu entnehmen, daß die Klänge nur harmonische Bestandteile enthalten, nach deren Abtragung nichts mehr zu hören ist. Es zeigte sich, daß die Resonanztöne des U (zwischen b^1 und g^2) für diesen Vokal in der Tat nur sekundäre Bedeutung haben, denn ihre Vernichtung macht ihn nur dumpfer. Dieselben Resonanztöne aber verleihen dem Klang [Note c^1, d^1 und e^1] O-Charakter, wenn sie neben dem geschwächten Grundton stark hervortreten. Wird endlich der Klang so gestutzt, daß ein Teilton in der Gegend g^2—a^2 hervortritt, so ergibt das Å-Färbung.

Schematische Scheiben- und Rußbilder

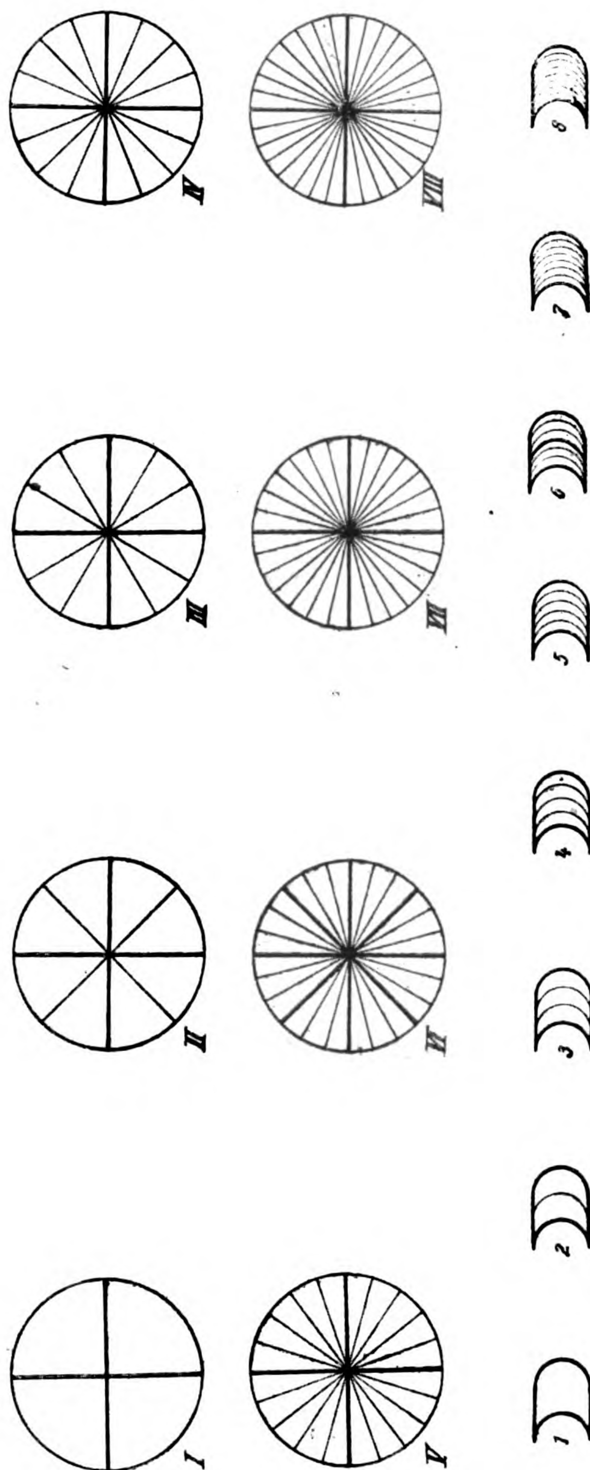


Fig. 2.

I u. 1: Grundton. II u. 2: Grundt. + Oktave. III u. 3: Grdt. + Duodezime. IV u. 4: Grdt. + 4. Teilton.

V u. 5: Grdt. + 5. Teilton. VI u. 6: Oktave + 6. Teilton. VII u. 7: Grdt. + 7. Teilton. VIII u. 8: Grdt. + 8. Teilton.

Die eigentlichen Träger des U-Charakters sind in allen fünf Beispielen die Grundtöne, die ja auch in das bei Versuch 1 gefundene U-Gebiet fallen. b^1 liegt allerdings schon oberhalb dieses Gebiets, klingt jedoch als Stimmton noch U-artig, wenn auch bereits recht hell.

Versuch **11a.** U, gesungen auf d^1 = 288 Schw. Analyse mittels der Strahlenscheibe. Die Teiltöne sind durch ihre Ordnungszahl bezeichnet.

Besondere Artikulation	Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betreffenden Schemas.)
dumpf	—	Gesamtklang	nur Grundton. (I.)
hell	—	»	Zwischenlagerung
»	2	alle übrigen	3-Teilung. (III.)
»	2 + 3	» »	nur Grundton. (I.)
hell	3	1 + 2	II.
»	2	1 + 3	III.

Ergebnis: Der Klang d^1 enthält also einen starken Grundton, zu dem bei hellem U der zweite und dritte Teilton hinzutreten.

Versuch **11b.** U, gesungen auf d^1 = 288 Schw. Rußaufnahmen.

Besondere Artikulation	Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betreffenden Schemas.)
sehr dumpf	—	Gesamtklang	Grundtonringe. Schema 1
» »	2	alle übrigen	»
sehr hell	2	» »	3-Teilung. Schema 3
» »	2 + 3	» »	nur Grundton. Schema 1
Mundhöhle d^2	3	1 + 2	Schema 2
sehr hell	2	1 + 3	Schema 3
Übergang der Mundhöhlenresonanz von g^2 nach d^2	3	1 + 2	Anfangs nur Grundton, dann 2-Teilung

Ergebnis: Das Resultat deckt sich mit dem von Versuch 11a. Bemerkenswert ist noch, daß beim Übergang der Mundhöhlenstimmung von g^2 nach d^2 (unter Vernichtung von a^2) kein anaperiodischer Formant aufgezeichnet wird, sondern nur eine allmählich sich verstärkende Oktave, die auch das Ohr hört.

Versuch **12a.** U, gesungen auf c = 128 Schw. Analyse mittels der Strahlenscheibe.

Besondere Artikulation	Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betreffenden Schemas.)
abwechselnd hell u. dunkel	—	Gesamtklang	hell: komplizierter
»	7	alle übrigen	keine Änderung
hell	6 + 7	» »	geringe Änderung
dunkel	5 bis 7	» »	4-Teilung, fast wie IV.
hell	4 bis 7	» »	3 Zwischenstrahlen
hell	3 bis 7	1 + 2	II. Klar
dunkel	3 bis 7	1 + 2	II. Klar
hell u. dunkel	2 bis 7	1	I.
» » »	1, 3 bis 7	2	II. Strahlen alle gl. stark
Mundhöhle c^2	1, 2, 3, 5 bis 7	4	IV. » » » »
» e^2	»	4	IV. Schwach
	2, 4 bis 7	1 + 3	nur Grundton. I.
hell	2, 3, 4, 6, 7	1 + 5	V.
»	1, 3, 4, 5, 7	2 + 6	VI.
Mundhöhle abwechselnd c^2 und e^2	1, 2, 3, 6, 7	4 und 5	abwechselnd IV. u. V., nicht ganz klar

Ergebnis: Der Klang $c = 128$ besitzt hiernach eine starke Oktave c^1, die wohl, da sie mitten in dem schon bezeichneten U-Gebiet liegt, als eigentliche Trägerin des Vokalcharakters anzusehen ist. Die Duodezime g^1 ist nicht nachzuweisen. Bei dunklem U tritt c^2, als 4. Teilton, bei hellem e^2 und g^2 (5. und 6.) besonders hervor, was schon durch die subjektive Analyse konstatiert wurde.

Versuch **12b.** U, gesungen auf $c = 128$ Schw. Rußaufnahmen.

Besondere Artikulation	Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betreffenden Schemas.)
normal	—	Gesamtklang	kompliziert
»	7	alle übrigen	keine Änderung
dunkel	6 + 7	» »	verschieden
hell	6 + 7	» »	verschieden
dunkel	5 bis 7	1 bis 4	4-Teilung
normal	4 bis 7	1 + 2 + 3	2-Teilung
normal	3 bis 7	1 + 2	wie Schema 2
»	1, 3 bis 7	2	2. (Ringe gleich stark)
»	2, 4 bis 7	1 + 3	1. Nur Grundton)
»	1, 2, 3, 5 bis 7	4	4. (Ringe gleich stark)
hell	2, 3, 4, 6, 7	1 + 5	5.
»	1, 3, 4, 5, 7	2 + 6	6.

Ergebnis: Auch die rußende Flamme zeichnet beim Klang $c = 128$ eine starke Oktave c^2, ferner die Resonanztöne c^2, e^2 und g^2 (4., 5. und 6. Teilton) auf. Die Duodezime g^1 ist, wie in Versuch 12a, nicht nachzuweisen.

Versuch **13a.** U, gesungen auf $a = 213$ Schw. Analyse mittels der Strahlenscheibe.

Besondere Artikulation	Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betreffenden Schemas.)
normal	2	alle übrigen	3-Teilung. III.
»	2 + 3	» »	nur Grundton. I.
hell	2 + 3	» »	IV. schwach
»	2 bis 4	» »	I.
normal	3 + 4	1 + 2	II.
»	2 + 4	1 + 3	III. Klar
»	2 + 3	1 + 4	I.
hell	1 geschw., 2 + 3	4 (+ 1)	IV.

Versuch **13b.** U, gesungen auf $a = 213$ Schw. Rußaufnahmen.

Besondere Artikulation	Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betreffenden Schemas.)
normal	—	Gesamtklang	
»	2	alle übrigen	3-Tlg. fast wie Schema 3
»	2 + 3	» »	nur Grundton. (1.)
hell u. dunkel	2 bis 4	» »	» » (1.)
normal	3 + 4	1 + 2	2.
»	2 + 4	1 + 3	3.
»	2 + 3	1 + 4	1.
hell	2 + 3, 1 geschwächt.	4 (+ 1)	4.

Ergebnis: Die Resultate von Versuch 13a und b stimmen unter sich und mit dem Gehörten überein. Vorhanden sind neben dem Grundton a der 2., 3. und 4. Teilton (a^1, e^2 und a^2), der letzte nur bei hellem U objektiv nachweisbar.

Mit der Scheibe wurde noch besonders demonstriert, daß durch Hinauf- und Hinuntergehen der Mundhöhlenstimmung e^2 wohl in seiner Intensität schwankend wird, aber keinem unharmonischen Formanten Platz macht.

Versuch **14a.** U, gesungen auf $g^1 = 384$ Schw. Analyse mittels der Strahlenscheibe.



Besondere Artikulation	Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betreffenden Schemas.)
dumpf	—	Gesamtklang	nur Grundton. I.
hell	—	»	2-Tlg. II.
»	2	alle übrigen	nur Grundton. I.
dunkel	1 geschwächt	2 (+ 1)	II.
hell	1 geschwächt	2 (+ 1)	II. 2-Tlg. deutlicher
Mundhöhle e^2	1 geschwächt	2 (+ 1)	II.

Ergebnis: Der Klang g^1 zeigt neben dem Grundton nur die Oktave g^2, die bei hellem U deutlicher hervortritt als bei dunklem.

Versuch **14b.** U, gesungen auf $g^1 = 384$ Schw. Rußaufnahmen.

Besondere Artikulation	Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betreffenden Schemas.)
dumpf	—	Gesamtklang	nur Grundton. (1.)
hell	2	alle übrigen	» » (1.)
hell	3	1 + 2	nur Grundton. (1.)
hell	3, 1 geschw.	2 (+ 1)	2-Teilung. (2.)

Ergebnis: Auch hier ist neben dem Grundton g^1 nur die Oktave g^2 nachweisbar.

Versuch **15.** U, gesungen auf $e = 160$ Schw. Analyse durch die Scheibe und Rußverfahren nebeneinander, also genau gleiche Interferierung.



Besondere Artikulat.	Vernicht. Teiltöne	Freigeg. Teiltöne	Scheibenbild (Ang. des betr. Schemas.)	Rußbild (Ang. des betr. Schemas.)
normal	—	Gesamtkl.		
»	2	alle übrig.	Unreglm. 4-Tlg.	Unreglm. 4-Tlg.
»	2 + 3	» »	1 Strahl mehr	komplizierter
dunkel	2 bis 4	» »	nur Grundton. (I.)	nur Grundt. (1.)
hell	2 bis 4	» »	5-Tlg. (V.)	5-Tlg. (5.)
»	2 bis 5	» »	Grundton. (I.)	Grundton. (1.)
normal	3 bis 5	1 + 2	II.	2.
»	2, 4, 5	1 + 3	I.	1. (h^1 fehlt)
»	2, 3, 5	1 + 4	IV.	4.
Mundhöhle zw. d^2 u. *fis*² var.	1, 2, 3, 5	4.	IV. Strahlen alle gleich stark	Immer genau 4fache Ringzahl
hell	2, 3, 4 1 geschw.	5 (+ 1)	?	5-Tlg. sehr schwach

Ergebnis: Der Klang $e = 160$ hat neben dem Grundton eine starke Oktave e^1, die (nach Versuch 1) als Trägerin des U-Charakters anzusehen ist, ferner den 4. Teilton e^2 als Resonanzton, zu dem bei hellem U der 5., gis^2, hinzutritt. Der 3. Teilton h^1 ist nicht nachweisbar. (Auch bei $c = 128$ fehlte die Duodezime g^1.) Der Resonanzton e^2 bleibt immer auf konstanter Höhe, auch wenn die Resonanzhöhe der Mundhöhle zwischen d^2 und fis^2 variiert. Wäre ein »Mundton« vorhanden, so müßte die Scheibe ihn durch Vorwärts- bzw. Rückwärtslaufen anzeigen.

Versuch **16.** Verwandlung des U durch den Doppelresonator.

Note	Abstimmung des Resonators	Klangwirkung
$G = 96$	c^2	O (h^1 und d^2 werden verstärkt)
	d^2	helles O
	g^2	nasales Å (französisch on)
$c = 128$	e^2	O
	g^2	helles O
	b^2	*g* (gutturale Spirans)
$e = 160$	e^2	O
	h^2	*g* (gutturale Spir
$c^1 = 256$	c^2	O

Ergebnis: Dieser Versuch bildet ei … le
Dort wurden die Klänge c^1, d^1 und e^1 d … ä

tons von U in O verwandelt, woraus zu ersehen war, daß starkes Hervortreten der in der Gegend c^2—e^2 liegenden Resonanztöne die Grundbedingung für den O-Charakter bildet. Hier wird dafür volle Bestätigung erbracht. Die resonatorische Verstärkung von c^2 bzw. $h^1 + d^2$ verwandelt nicht nur $c^1 = 256$, sondern auch das tiefe $G = 96$ in O. Bei $c = 128$ und $e = 160$ wird derselbe Effekt durch Verstärkung von e^2 erzielt.

Die Versuche 5—16 ergaben:
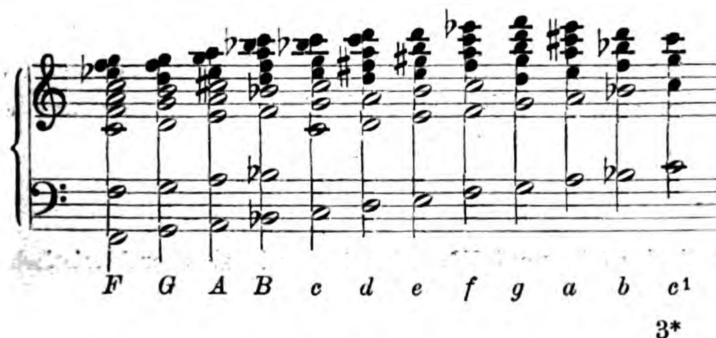
Die U-Klänge sind zusammengesetzt aus harmonischen Teiltönen, von denen die zwischen b^1 und a^2 liegenden durch Mundresonanz verstärkt werden. Die eigentlichen Träger des U-Charakters sind tiefere, etwa zwischen g und g^1 liegende Teiltöne.

2) Der Vokal O (Versuch 17—23).

Die subjektive Analyse war hier ebenso eingehend und wurde in derselben Weise vorgenommen wie beim U. Das sukzessive Hervortreten der Teiltöne kann, von der O-Stellung ausgehend, bewirkt werden durch langsames Vorwärtsbewegen der Zunge oder durch Senkung des Unterkiefers. Die letzte Art, die zur Artikulation des Å und A führt, soll erst im nächsten Abschnitt behandelt werden. Resonanzänderungen durch bloße Lippenbewegung kommen bei O weniger in Frage.

Es werden nur die hauptsächlichsten Ergebnisse tabellarisch mitgeteilt.

Versuch 17. Drei Versuchspersonen (G. R., A. S., H. S.) zeigten beim Durchsingen der großen und kleinen Oktave eine ziemlich gleichbleibende Mundhöhlenstimmung e^2 bis f^2. Deshalb traten im allgemeinen die zwischen d^2 und g^2 liegenden Teiltöne scharf hervor, nur in höherer Lage auch a^2 und b^2.



Note	Dunkles O	Helles O	Zunge von O-Stellung aus nach vorn bewegt	
	verstärkt	verstärkt	verstärkte Teiltöne	Klangwirkung
F	es^2 u. f^2	f^2 u. g^2	c^3 bis es^3	Ö bis Ü
G	d^2 u. f^2	f^2 u. g^2	d^3 bis f^3	Ö bis Ü
A	e^2	e^2, g^2 u. a^2	cis^3 bis e^3	Ö bis Ü
B	d^2	f^2	d^3 bis f^3	Ö bis Ü
c	e^2	e^2 u. g^2	b^2 u. c^3 *)	Ö
d	d^2	fis^2	c^3 u. d^3	Ö
e	e^2	e^2 u. gis^2	h^2 u. d^3	Ö
f	f^2	f^2 u. a^2	c^3, es^3	Ö, Ü
g	d^2 u. g^2	d^2 u. g^2	h^2 u. d^3	Ö
a	e^2	e^2 u. a^2	a^2 u. cis^3	Ö
b	f^2	f^2 u. b^2	b^2 u. d^3	Ö
c^1	c^2 u. g^2	g^2	c^3	Ö

Ergebnis: Das Verstärkungsgebiet des O reicht von d^2 bis a^2. Es deckt sich also im wesentlichen mit dem des U, nur geht es nicht ganz so tief hinunter.

Nach einiger Übung gelingt es sehr gut, einen Klang unter Festhaltung der Mundresonanz von U in O übergehen zu lassen, z. B. $c = 128$ unter Festhalten von e^2.

Das sukzessive Hervorspringen der höheren Obertöne durch langsames Verstellen der Sprachwerkzeuge ist beim O nicht so sinnfällig wie beim U. Wird die Resonanzhöhe der vorderen Mundhöhle durch bloße Zungenbewegung bis c^3 und darüber hinaus emporgetrieben, so erhält der Laut Ö-Charakter.

Versuch 18. Da die intensivere Verstärkung der Resonanztöne (Versuch 10 und 16) das U in O verwandelte, so ist zu erwarten, daß ihre Schwächung bzw. Vernichtung das O in U überführt, worüber folgender Versuch Auskunft gibt: Die einzelnen Teiltöne wurden wie beim U (Versuch 10) der Reihe nach ausgelöscht bzw. geschwächt, die Klangwirkung beurteilt und registriert. Gesungen wurde stets normales O (Mundhöhlenstimmung e^2).

*) Helmholtz (Tonempf. VI, 1) bezeichnet b^2 als charakteristischen Ton des Ö.

Note	Vernichtete Teiltöne	Noch wirksame Teiltöne	Klangbeurteilung
	c^3	$c^1 + c^2 + g^2$	keine oder geringe Änderung: O
	$c^3 + g^2$	$c^1 + c^2$	keine Änderung [G. R.: dem U genähert]
	c^2	$c^1 + g^2 + c^3$	recht helles O
$c^1 = 256$	$c^2 + g^2 + c^3$	c^1	reines U (dunkel)
	c^2, c^1 geschwächt	$(c^1) + g^2 + c^3$	Å, fast A
	h^2	$g + g^1 + d^2 + g^2$	keine Änderung: O
	$h^2 + g^2$	$g + g^1 + d^2$	dunkles O
	$d^2 + g^2$	$g + g^1 + h^2$	noch O-artig, aber nicht mehr vokalisch
$g = 192$	$d^2 + g^2 + h^2$, g^1 geschw.	$g\ (+ g^1)$	U [wenn g^1 ungeschwächt, noch O]
	$d^2 + g^2 + h^2 + g^1$	g	dumpf U-artig, wie gedackte Pfeife
	g^1	$g + d^2 + g^2 + h^2$	helles O bis Å
	$g^1 + d^2$	$g + g^2 + h^2$	Å
	h^2	$e^1 + e^2$	bleibt O
	$h^2 + e^2$	e^1	dunkles U
$e^1 = 320$			

Ergebnis: Die Resultate dieses Interferenzversuchs stehen in vollem Einklang mit Versuch 10 und dürften das bereits gekennzeichnete Verhältnis U : O endgültig klarlegen. Vernichtung der oberhalb g^2 gelegenen Teiltöne bewirkt keine Änderung des O-Charakters. Vernichtung der eigentlichen Resonanztöne ($c^2 + g^2$ bei der Note c^1; e^2 bei der Note e^1) verwandelt das O in U. Bemerkenswert ist dabei, daß im Klang $g = 192$ auch die Oktave geschwächt werden mußte. Werden die Klänge so zugestutzt, daß neben dem Grundton nur g^2 und der nächsthöhere Teilton hervortreten, so hört man, ganz wie in Versuch 10, ein Å.

Versuch 19. O, gesungen auf $e = 160$ Schw. Analyse durch die Strahlenscheibe. Gleichzeitig Rußaufnahmen.

	Besondere Artikulat.	Vernicht. Teiltöne	Freigeg. Teiltöne	Scheibenbild (Ang. des betr. Schemas.)	Rußbild (Ang. des betr. Schemas.)
	normal	—	alle		
	(Mundhöhle etwa e^2)	2 (+ 6)	alle übrig.	3-Tlg. Schema III	3-Tlg. Schema 3
		2 (+ 6) + 3	» »	4-Tlg. IV	4
		2 bis 4 (+ 6)	» »	?	5-Tlg., unreglm.
		2 bis 6	» »	Grundton. I	1

Besondere Artikulat.	Vernicht. Teiltöne	Freigeg. Teiltöne	Scheibenbild (Ang. des betr. Schemas.)	Rußbild (Ang. des betr. Schemas.)
normal	3 bis 6	1 + 2	II	2
	1, 3 bis 6	2	II, ohne Grdton.	2, ohne Grdton.
	2, 4 bis 6	1 + 3	III	3
	2, 3, 5, 6	1 + 4	IV	4
	1 bis 3, 5, 6	4	IV, ohne Grdt.	4, ohne Grdton.
e^2 als Mundton, ohne Stimme		4	IV, » »	4, » »
hell	1 geschw., 2—4, 6	5	V	5
dunkel	1 geschw., 2—4, 6	5	I	1

Ergebnis: Neben dem Grundton $e = 160$ werden also sowohl von der Scheibe wie von der rußenden Flamme objektiviert: die Oktave e^1, die Duodezime h^1 (die bei U fehlte), ferner die Resonanztöne e^2 und gis^2. (Letzteres nur bei hellem O nachweisbar.) Der gepfiffene Mundton e^2 gab ein unregelmäßigeres Rußbild als der isolierte Teilton e^2, was mit der subjektiven Wahrnehmung übereinstimmt; denn die Teiltöne haben für das Ohr etwas außerordentlich Gleichmäßiges und Klares.

Versuch **20a.** O, gesungen auf $a = 213$ Schw. Analyse durch die Strahlenscheibe.

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betreffenden Schemas.)
—	alle	2-Tlg. Schema II.
2	alle übrigen	3-Tlg. III.
2 + 3	» »	Grundton. I.
3 + 4	1 + 2	II.
2 + 4	1 + 3	III.

Versuch **20b.** O, gesungen auf $a = 213$ Schw. Rußaufnahmen.

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betreffenden Schemas.)
—	alle	2-Tlg. Schema 2.
2	alle übrigen	3-Tlg. 3.
3, 2 mit 10 Stempeln	» »	Grundton, nicht ganz rein, weil 2 noch wirksam

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betreffenden Schemas.)
3 + 4	1 + 2	Schema 2. (2 sehr stark.)
3 + 4, 2 mit 4 Stpln. geschw.	1 (+ 2)	2 noch sehr stark
2 + 4	1 + 3	3
3, 2 sehr geschw.	1 + 4 (+ 2)	2-Tlg. 4 nicht nachweisbar

Ergebnis: Die Versuche 20a und 20b weisen übereinstimmend neben dem Grundton $a = 213$ eine sehr starke Oktave a^1, ferner als Resonanzton die Duodezime e^2 nach. Die Oktave war selbst durch Einstellen von 10 Interferenzröhren nicht ganz zu vernichten, und ihre Bedeutung für den O-Charakter ist wohl ebensohoch einzuschätzen wie die des Resonanztons e^2. (In Versuch 18 blieb der Klang $g = 192$ noch O-artig, als $d^2 + g^2$ vernichtet waren, die laute Oktave g^1 also neben dem Grundton — abgesehen von h^2 — allein wirksam war.)

Auch vom Ohr wird die Oktave a^1 als besonders aufdringlich empfunden.

Versuch **21 a.** O, gesungen auf $d^1 = 288$ Schw. Analyse durch die Strahlenscheibe.

Besondere Artikulation	Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betreffenden Schemas.)
Mundhöhle d^2	—	alle	2-Tlg. II.
hell	2	alle übrigen	3-Tlg. III, klar
dunkel	2	» »	3-Tlg. III, schwach
hell	2 + 3	» »	nur Grundton. I.
hell u. dunkel	3	1 + 2	2-Tlg. II.
hell	2	1 + 3	3-Tlg. III.
Mundhöhle von d^2 nach f^2	1 + 3	2	Scheibe bewegt sich nicht

Versuch **21 b.** O, gesungen auf $d^1 = 288$ Schw. Rußaufnahmen.

Besondere Artikulation	Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betreffenden Schemas.
Mundhöhle d^2	—	alle	2-Tlg. Schema 2.
dunkel > hell	2	1 + 3	3 tritt allmählich hervor
normal	2 + 3	1	Grundton. Schema 1.
»	3	1 + 2	2-Tlg. Schema 2.

Ergebnis: Der Klang d^1 besitzt eine sehr starke Oktave d^2, die hier als Hauptresonanzton auftritt; daneben eine schwächere Duodezime a^2, die bei hellem O stärker hervortritt.

(Hier liegt einer der seltenen Fälle vor, wo das ungestörte Rußbild bereits den stärksten und für den Vokalcharakter bedeutsamsten Teilton erkennen läßt.)

Versuch **22a.** O, gesungen auf g^1. Analyse durch die Strahlenscheibe.

Besondere Artikulation	Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betreffenden Schemas.)
normal	—	alle	2-Tlg. Schema II.
»	2	alle übrigen	nur Grundton. I.
»	2 + 3	» »	» » I.
normal	3	1 + 2	II.
dunkel	2	1 + 3	I.
hell	2	1 + 3	schwache 3-Tlg. III.

Versuch **22b.** O, gesungen auf g^1. Rußaufnahmen.

Besondere Artikulation	Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betreffenden Schemas.)
normal	—	alle	2-Tlg. Schema 2.
»	2	alle übrigen	Grdt. Schema 1.
»	2 + 3	» »	Grdt. Schema 1.
hell	3	1 + 2	2-Tlg. Schema 2.
»	1 + 3	2	2, ohne Grdton.
»	2	1 + 3	sehr schwache 3-Tlg.

Ergebnis: Der Klang g^1 hat neben dem Grundton die Oktave g^2, zu der bei hellem O die schwache Duodezime d^3 hinzutritt.

g^2 erhält nie optimale Resonanz, da die Mundhöhlenstimmung immer etwas tiefer bleiben muß, macht aber nie einem tiefer liegenden Mundton Platz.

Versuch **23.** Verwandlung des O durch den Doppelresonator.

Note	Abstimmung des Resonators	Klangwirkung
$c = 128$	Geschlossen g^2	dumpfes U Å
$e = 160$	Geschlossen h^2	U nasales A
$c^1 = 256$	g^2	Å
$e^1 = 320$	Geschlossen h^2	U A

Ergebnis: Der Resonator bewirkt dasselbe, was in Versuch 22 durch Interferenz erreicht wurde. Der geschlossene Resonator dämpft offenbar die Resonanztöne des O ab, so daß nur die starken tieferen Teiltöne wirksam sind, die, soweit sie U-Charakter tragen, eben diesen Vokal dann vortäuschen. Verstärkung eines Teiltons in der Gegend von g^2 macht den Klang, wie auch schon in Versuch 20 beim U beobachtet wurde, zum Å. Bei e^1 war sogar eine Verwandlung in reines A möglich (verstärkt h^2), und zwar war die Täuschung zuweilen so vollkommen, daß unbefangene Personen längere Zeit in dem Glauben blieben, daß tatsächlich A gesungen würde.

Die Versuche 17—23 ergaben:

Die O-Klänge haben sehr starke harmonische Teiltöne im Gebiet g^1—a^2. Eigentliche Resonanztöne liegen nur zwischen c^2 und a^2.

Träger des O-Charakters sind Töne zwischen g^1 und f^2, zu denen sich, wenn der Vokal besonders prägnant sein soll, schwächere tiefere Teiltöne hinzugesellen müssen[1]).

3) Der Vokal Å (Versuch 24—30).

Versuch **24.** Die Sänger (G. R., A. S., H. S.) gingen von der Artikulationsstellung des O aus, behielten die Zungenstellung bei und senkten nur langsam den Unterkiefer, wobei die harmonischen Teiltöne nacheinander zu Gehör kamen. War auf diese Weise der Übergang von O nach A vollzogen, so wurde durch Hauchen und Perkussion die Resonanzhöhe der Mundhöhle festgestellt, die immer zwischen g^2 und a^2 lag, also eine geringe Schwankungsbreite aufwies.

Die Resonanztöne des A waren

beim Stimmton *F*	g^2 u. a^2
» » *G*	g^2 u. a^2
» » *A*	g^2 u. a^2
» » *B*	as^2
» » *c*	g^2
» » *d*	a^2
» » *e*	gis^2
» » *f*	a^2
» » *g*	g^2
» » *a*	a^2
» » c^1	g^2
» » d^1	a^2
beim Stimmton *b*	$f^2 + b^2$

Bei den drei ersten Klängen kann sowohl g^2 wie a^2 optimale Verstärkung erhalten, bei Abstimmung der Mundhöhle auf gis^2 werden beide gleichmäßig verstärkt. Beim Klang *b* verträgt kein Teilton optimale Resonanz; $f^2 + b^2$ müssen immer nebeneinander hervortreten, wobei sich die helle O-Färbung des f^2 und die A-Färbung des b^2 zu einer mittleren A-Färbung vereinigen.


d^1

Den Klang d^1 kann das Ohr nach einiger Übung sehr leicht in seine drei Bestandteile zerlegen. Erfaßt die Aufmerksamkeit nur a^2, so klingt dies wie reines A. d^2, allein betrachtet, klingt wie O, und d^1 wie U; der Gesamtklang, gewissermaßen unaufmerksam betrachtet, hat Å-Charakter.

---

1) Die letztere Erscheinung hebt schon Helmholtz (Tonempf. VI, 1) hervor.

Versuch **25.** Vernichtung bzw. Schwächung der einzelnen Teiltöne von A und Beurteilung der jeweiligen Klangänderung.

Note	Vernichtete oder geschwächte Teiltöne	Noch wirksame Teiltöne	Klangbeurteilung
	d^3	$d^1 + d^2 + a^2$	Å, keine Änderung
	$d^3 + a^2$	$d^1 + d^2$	zwischen U u. O [G. R.: dunkles O]
	a^2	$d^1 + d^2 + d^3$	zwischen U u. O; d^3 gibt A-artigen Nebenklang
$d^1 = 288$	$d^2 + a^2 + d^3$	d^1	U
	d^2	$d^1 + a^2 + d^3$	Å, fast A, Grundton gesondert als U hörbar
	d^1 $(+ a^2)$	$d^2 + d^3$	d^2 wie hohe Frauenstimme
	c^3	$c^1 + c^2 + g^2$	fast O
	g^2	$c^1 + c^2 + c^3$	Ö. Bei Entfernung des Ohrs von der Leitung O
	$g^2 + c^3$	$c^1 + c^2$	O
$c^1 = 256$	$c^2 + g^2 + c^3$	c^1	U
	$c^2 + g^2$	$c^1 + c^3$	U-artig, nicht rein
	$c^2 + g^2$, c^1 geschwächt	$(c^1) + c^3$	A
	cis^3	$a + a^1 + e^2 + a^2$	Å, etwas dunkler
	$a^2 + cis^3$	$a + a^1 + e^2$	O (normal)
	$a^2 + e^2 + cis^3$	$a + a^1$	dunkles O
	$a^2 + e^2 + cis^3$, a^1 geschwächt	$a\,(+ a^1)$	U
$a = 213$	$a^1 + a^2 + e^2 + cis^3$	a	dumpfes U, wie gedackte Pfeife
	$a\,(+ e^2 + cis^3)$	$a^1 + a^2$	Å auf a^1

Ergebnis: Diejenigen Klänge, die a^2 als harmonischen Teilton haben, können die oberhalb desselben gelegenen Teiltöne entbehren. Im Klang c^1 jedoch, wo g^2 Resonanzton ist, reicht dieses allein nicht aus, den Å-Klang zu wahren. Vernichtung von c^3 bewirkt hier schon Übergang in O.

Bleiben nur die unterhalb g^2 liegenden Teiltöne wirksam, so verwandeln sich alle drei Klänge in O, was nur deshalb möglich ist, weil sie eine starke, im O-Gebiet (Versuch 1) liegende Oktave (a auch Duodezime) besitzen. Vernichtet oder schwächt man auch diese, so verwandelt sich der Vokal in U, was ja mit den zahlreichen schon gewonnenen Ergebnissen in vollstem Einklang steht. Werden endlich die Klänge so modifiziert, daß der in der Nähe von c^3 liegende Teilton besonders hervortritt, so wird der Klang A-artig; der Klang c^1 konnte in reines A verwandelt werden. (Vgl. Versuch 18 und 23, O : A.)

Versuch **26.** A, gesungen auf $e = 160$ Schw. Analyse durch die Strahlenscheibe; zugleich Rußaufnahmen.

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betr. Schemas.)	Rußbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	3-Tlg.	3-Tlg.
2 (+ 6)	alle übrigen	4-Tlg.	4-Tlg. (ein 5. Ring?)
2 (+ 6) + 3	» »	5-Tlg. Strahlen ungleich	4-Tlg., schwacher 5. Ring
2 bis 6	» »	Grdt., Schema I	Grdt., Schema 1
2 bis 7	» »	» I	» 1
3, 4, 5, 7	1 + 2 + 6	VI, mit Grdt.	6, mit Grdt.
1, 3—7	2	II, ohne Grdt.	2, ohne Grdt.
2, 4—7	1 + 3	III	3
1—3, 5—7	4	IV, ohne Grdt.	4, ohne Grdt.
2—4, 6 + 7	1 + 5	V, klar	5, klar
2—6	1 + 7	I	1

Ergebnis: Scheibe und rußende Flamme objektivieren übereinstimmend neben dem Grundton $e = 160$ die Oktave e^1, die Duodezime h^1, ferner den 4., 5. und 6. Teilton, e^2, gis^2 und h^2, wovon gis^2 als eigentlicher Resonanzton anzusehen ist.

Mit der Scheibe wurde noch folgender Versuch gemacht. Der 2., 3. und 6. Teilton wurden ausgelöscht, so daß neben dem Grundton nur der 4. und 5. freigegeben waren. Wurde Å gesungen, so erschien prägnante Fünfteilung, wurde O gesungen, etwas schwächere Vierteilung.

(Da die technischen Schwierigkeiten in dieser Stimmlage relativ gering sind, so empfiehlt sich gerade dieser Versuch zur Wiederholung.)

Versuch **27a.** Å, gesungen auf $a = 213$ Schw. Analyse mittels der Strahlenscheibe.

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	2-Tlg.
2	alle übrigen	3-Tlg., schwacher 4. Strahl
2 + 3	» »	4-Tlg. scharf. IV
2—4	» »	Grdt. I
2—5	» »	Grdt. I
3—5	1 + 2	II. klar
2, 4, 5	1 + 3	III. klar
2, 3, 5	1 + 4	IV. scharf
2—4	1 + 5	I.

Versuch **27b.** A, gesungen auf a = 213 Schw. Rußaufnahmen.

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	2-Tlg. Eine Hälfte hat Unterteilung
2	alle übrigen	3-Tlg. Ein Doppelring
2 + 3	» »	4-Tlg. (Schema 4.)
2—4	» »	Grdt. 1.
2—5	» »	» 1.
3—5	1 + 2	Schema 2
2, 4, 5	1 + 3	» 3
2, 3, 5	1 + 4	» 4
2—4	1 + 5	» 1

Ergebnis: Die Versuche 27a und 27b zeigen übereinstimmend, daß neben dem Grundton a der 2., 3. und 4. Teilton vorhanden sind, der 4. (a^2) als Resonanzton scharf hervortretend.

Die Wirksamkeit des 4. Teiltones wurde mit der Scheibe noch besonders geprüft: Alle Teiltöne außer a^2 wurden gelöscht. Die 4strahlige Scheibe gibt ein 16strahliges Bild. Unter peinlicher Festhaltung des Stimmtons wurde die Mundhöhlenstimmung zwischen fis^2 und a^2 variiert. Die Scheibe dreht sich nicht, nur die Intensität des Bildes schwankt. Diese ist gering bei fis^2, am größten bei a^2. Ein Eigenton der Mundhöhle ist also nicht wirksam.

Versuch **28a.** A, gesungen auf d^1 = 288 Schw. Analyse mittels der Strahlenscheibe.



Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	ein Zwischenstrahl (unsymmetrisch)
2	alle übrigen	3-Tlg.
2 + 3	» »	4-Tlg.? undeutlich
2—4	» »	Grundton. I
3, 4	1 + 2	2-Tlg., scharf. II
2, 4	1 + 3	III
2, 3	1 + 4	I

Versuch **28 b.** Å, gesungen auf d^1 = 288 Schw. Rußaufnahmen.

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	halbmondförmige Doppelringe
2	alle übrigen	3-Tlg. (dazu ein 4. Ring)
2 + 3	» »	4-Tlg. nicht deutlich
2—4	» »	Grundton. (Schema 1)
3, 4	1 + 2	Schema 2. Scharf
2, 4	1 + 3	3-Tlg. (4. Ring.) [4 nicht genügend gelöscht]
2, 3	1 + 4	4-Tlg., schwach

Ergebnis: Der Klang d^1 besitzt eine starke Oktave d^2 und eine starke Duodezime a^2. Die rußende Flamme objektivierte ferner eine schwache Doppeloktave d^3.

Versuch **29 a.** A, gesungen auf g^1 = 384 Schw. Analyse durch die Strahlenscheibe.



Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	2-Tlg. Schema II
2	alle übrigen	schwache 3-Tlg.
2 + 3	» »	Grundton. I
1 + 3	2	II. Ohne Grundton
2	1 + 3	III. 3-Tlg. schwach

Versuch **29 b.** A, gesungen auf g^1 = 384 Schw. Rußaufnahmen.

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	2-Tlg., unsymmetrisch
2	alle übrigen	3-Tlg., schwach
2 + 3	» »	Grundton. Schema 1
1 + 3	2	Schema 2. Ohne Grdt.

Ergebnis: Neben dem Grundton g^1 ist eine starke Oktave g^2 (als Resonanzton) vorhanden. Die Scheibe wies auch noch die schwache Duodezime d^3 nach.

Übrigens ist A derjenige Vokal, dessen Resonanztöne sich am leichtesten objektivieren lassen, da dieselben in mäßiger Höhe liegen und dabei infolge der günstigen Mundstellung sehr laut hervortreten.

Versuch **30.** Verwandlung des A durch den Doppelresonator.

Note	Abstimmung des Resonators	Klangwirkung
	Geschlossen	**U, dumpf**
	b^2	**A, nasal**
$c = 128$		

Erg.: Der geschlossene Resonator dämpft die lauten Resonanztöne des A so weit ab, daß die tieferen Teiltöne stärker hervortreten und dem Klang U-Charakter verleihen. Verstärkung von b^2 ergibt ein nasales A.

Die Versuche 24—30 ergaben:
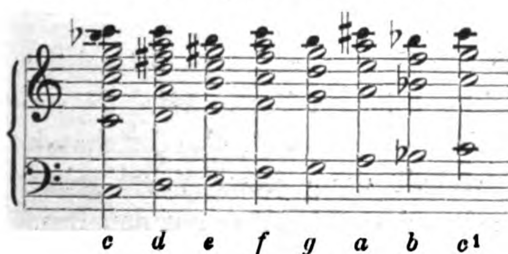
Die Å-Klänge haben ein enges, zwischen g^2 und a^2 liegendes Resonanzgebiet. Die in dieses Gebiet fallenden harmonischen Teiltöne treten mit großer Stärke hervor und geben dem Vokal seine charakteristische Klangfarbe.

4) Der Vokal A (Versuch 31—37).

Die subjektiven Hörversuche verlaufen wie beim Å. Ausgehend von der O-Stellung treiben die Sänger (G. R., A. S., H. S.) ihre Mundresonanz allmählich in die Höhe, indem sie langsam den Unterkiefer senken. Sobald die Resonanzhöhe über a^2 hinausgeht, nimmt der Klang A-artigen Charakter an, zunächst dunkel, dann heller werdend. Die zur Verstärkung kommenden Teiltöne der tiefen Stimmklänge liegen bereits in so engen Intervallen zusammen, daß eine Bezeichnung durch Noten nicht mehr angängig ist. Sie werden hier nach ihrer Ordnungszahl benannt.

Versuch **31.**

Note	Resonanztöne des norddeutschen A
$F = 85^1/_3$	12. (c^3) und 13. Teilton
$G = 96$	10. (h^2) und 11. Teilton
$A = 107$	9. (h^2) und 10. Teilt. (11.?)
$B = 120$	8. (b^2) und 9. Teilton



Note	Resonanztöne
c	b^2 und c^3
d	c^3 (und d^3?)
e	h^2 (d^3?)
f	c^3
g	h^2 (d^3?)
a	cis^3
b	b^2 (d^3?)
c^1	c^3

Ergebnis: Das Resonanzgebiet des A ist, wie das des Å, relativ eng. Nur die Töne b^2 bis cis^3 können optimale Resonanz erhalten, doch mögen auch Töne etwas oberhalb und unterhalb dieses Gebiets noch als Resonanztöne gelten. Wurde die Mundhöhle genau auf d^3 eingestellt, so wurde der Klang bereits durchweg als »reichlich hell« beurteilt, ist also besser als Å zu bezeichnen.

Versuch **32.** Die einzelnen Teiltöne wurden vernichtet bzw. geschwächt und die jedesmalige Klangwirkung registriert.

Note	Vernichtete bzw. geschw. Teiltöne	Noch wirksame Teiltöne	Klangbeurteilung
	e^3	$c^1+c^2+g^2+c^3$	A, dunkler
	e^3+c^3	$c^1+c^2+g^2$	zwischen O und Å
	$e^3+c^3+g^2$	c^1+c^2	O
	$e^3+c^3+g^2$, c^2 geschwächt	$c^1(+c^2)$	U
$c^1=256$	$g^2(+e^3)$	$c^1+c^2+c^3(+e^3)$	Ö, nach Ü
	c^2	$c^1+g^2+c^3+e^3$	A
	e^3	$e^1+e^2+h^2$	A
	e^3+h^2	e^1+e^2	U
	e^2	$e^1+h^2+e^3$	A
	e^2+e^3	e^1+h^2	U, h^2 gibt A-artigen Nebenklang
$e^1=320$	e^2+e^3, e^1 geschwächt	$(e^1)+h^2$	schwaches, aber vokalisches A
	d^3	g^1+g^2	Å (G R.: O)
	g^2	g^1+d^3	U, d^3 nebenher, A-artig
	g^2+d^3	g^1	U
$g^1=384$			

Ergebnis: Die beiden ersten Klänge erfahren durch Abtragen von e^3 keine oder sehr geringe Änderung, da noch der eigentliche Resonanzton c^3 bzw. h^2 wirksam bleibt. Wird auch dieser vernichtet, so wird das A sofort deformiert; der Klang c^1 wird zu dunklem A (O), e^1 sofort zum U, woraus sich ergibt, daß beim A die Resonanztöne wirklich die »charakteristischen« Töne sind. Bleiben vom Klang c^1 nur Grundton und Oktave, so nimmt er O-Charakter an; wird die Oktave geschwächt, so ergibt das U.

Im Klang g^1 sind g^2 und d^3 als Resonanztöne zu betrachten, da die Mundhöhlenstimmung zwischen beiden liegt. Wird d^3 vernichtet, so bleibt neben dem Grundton ein lautes g^2, also der charakteristische Resonanzton des A, weshalb dann dieser Vokal gehört wird. Läßt man vom Klang e^1 neben dem Grundton nur den Reso-

nanzton h^2 bestehen, so nimmt man beide Töne isoliert wahr, den Grundton als U und h^2 als A-artigen Nebenklang. Für das Zustandekommen einer einheitlichen Vokalauffassung scheint also eine gewisse Klangfülle Vorbedingung zu sein.

Seltsamerweise hat das Ö genau dieselben Resonanztöne wie das A. In Versuch 17 wurde in 12 Notenbeispielen die Resonanzhöhe der Mundhöhle, ausgehend von der O-Stellung, durch Vorwärtsbewegen der Zunge in die Höhe getrieben. Immer bei h^2—cis^3 stellte sich reinster Ö-Charakter ein. Beim A ist nur die Intensität des resonierenden Tones ungleich größer, auch ist die Struktur des Unterbaues, die relative Intensität der tieferen Teiltöne, eine andere. Hier in Versuch 32 hat sich nun ergeben, daß der Unterbau des Ö ein Klang ist, der an sich den Vokal O darstellt. Blieben im Klang $c^1 = 256$ nur $c^1 + c^2$ wirksam, so hörte man O; wurde nun noch c^3 hinzugegeben, so war das Ö da. Weiteres Hinzufügen von e^3 änderte den Klang nicht mehr.

Versuch **33.** A, gesungen auf $e = 160$ Schw. Analyse mittels der Strahlenscheibe. Gleichzeitig Rußaufnahmen.

Vernichtete Teiltöne	Freigegeb. Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betr. Schemas.)	Rußbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	kompliziert	kompliziert
2 (+ 6)	alle übrigen	3-Tlg., schwacher 4. Strahl	3-Tlg., schw. 4. Ring
2 (+ 6, + 3)	» »	3 starke, 2 schwache Strahlen	5-Tlg., unregelmäß.
2–4 (+ 6)	» »	7-Tlg.?	7, zuweilen 8 Ringe
2–7	» »	8-Tlg.?	8-Tlg.
2–8	» »	Grdt.	Grdt.
3–8	1 + 2	Schema II	Schema 2
2, 4–8	1 + 3	» I	» 1 (kein h^1)
2–3, 5–8	1 + 4	» IV	» 4
2–4, 6–8	1 + 5	» V? Nicht zählbar	verschwommen
1, 3–5, 7, 8	2 + 6	» VI, klar	Schema 6, klar
2–6, 8	1 + 7	» VII	» 7
1, 3, 5, 6, 7	2 + 4 + 8	2-Tlg., entspr. Unterteilung	2-Tlg., entspr. Unterteilung
1–3, 5–7	4 + 8	4-Tlg., entspr. Unterteilung	4-Tlg., entspr. Unterteilung
2–8	1 + 9	Grdt. I	Grdt. 1

Ergebnis: Im A-Klang $e = 160$ erwiesen sich als wirksam der 1., 2., 4., 6., 7. und 8. Teilton, wovon der 6. und 7. (h^2 und d^3) als

Resonanztöne anzusprechen sind. Der Scheibenversuch machte ferner das Vorhandensein eines schwachen 5. Teiltons *gis*² wahrscheinlich. Die Duodezime war nicht nachzuweisen.

Die Betrachtung des komplizierten ungestörten Klangbildes hätte — infolge annähernder Fünfteilung — wahrscheinlich zur Annahme geführt, daß *gis*² der maximale Teilton sei, wenn nicht diese eingehende Analyse, verbunden mit subjektiver Hörübung, mit Sicherheit $h^2 + d^2$ als charakteristische Resonanztöne nachgewiesen hätte.

Versuch **34a.** A, gesungen auf $a = 213$ Schw. Analyse mittels der Strahlenscheibe.

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	kompliziert
2 (+ 6)	alle übrigen	4-Tlg. Schema IV
2 (+ 6) + 3	» »	4-Tlg. » IV
2—4 (+ 6)	» »	5-Tlg.? Nicht klar
2—5 (+ 6)	» »	Grdt. Schema I
3—6	1 + 2	Schema II. Scharf
2, 4—6	1 + 3	» III. »
2, 3, 5, 6	1 + 4	» IV. »
1 geschwächt	1 + 5	» V.

Versuch **34b.** A, gesungen auf $a = 213$ Schw. Rußaufnahmen.

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	kompliziert
2 + 6	alle übrigen	4-Tlg. (ein 5. Ring?)
2 + 3 + 6	» »	4-Tlg. Schema 4
2—4 + 6	» »	5-Tlg. » 5
2—6	» »	Grdt. » 1
3—6	1 + 2	Schema 2
2, 4—6	1 + 3	» 3
2, 3, 5, 6	1 + 4	» 4
Versäumt, 1 zu schwächen	1 + 5	5-Tlg.? Verschwommen

Ergebnis: Nach Versuch 34a und b enthält der Klang $a = 213$ neben dem Grundton den 2., 3., 4. und 5. Teilton. Wäre beim Rußversuch der Grundton geschwächt worden, so wäre dort der 5. Teil-

ton wohl ebenso deutlich hervorgetreten wie auf der Scheibe. Der 4. und 5. Teilton a^2 und cis^3 liegen im Gebiet der Mundhöhlenresonanz und werden beide verstärkt.

Versuch **35a.** A, gesungen auf d^1 = 288 Schw. Analyse durch die Strahlenscheibe.

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	2 scharfe, 2 oder 3 schwächere Strahlen
2	alle übrigen	4-Tlg. Schema IV
2 + 3	» »	4-Tlg. » IV
2—4	» »	Grdt. » I
3—4	1 + 2	Schema II, schwach
1, 3—4	2	» II, ohne Grundton
2, 4	1 + 3	» III
2, 3	1 + 4	» IV, scharf
3, 4	1 + 5	?

Versuch **35b.** A, gesungen auf d^1 = 288 Schw. Rußaufnahmen

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	
2	alle übrigen	4-Tlg. Schema 4
2 + 3	» »	4-Tlg. » 4
2—4	» »	verschwommen. 5-Tlg.?
3, 4, 5	1 + 2	schwache 2-Tlg. (Schema 2)
1, 3, 4, 5	2	Schema 2, ohne Grdt.
2, 4, 5	1 + 3	» 3
2, 3, 5	1 + 4	» 4
2—4	1 + 5	» 5, sehr schwach

Ergebnis: Der Klang d^1 enthält neben dem Grundton eine schwache Oktave d^2, eine stärkere Duodezime a^2 und eine sehr starke Doppeloktave d^3. Das Rußverfahren weist außerdem noch einen schwachen 5. Teilton fis^3 nach. Das starke Hervortreten von d^3 deutet auf recht helles Intonieren hin.

Versuch **36a.** A, gesungen auf g^1 = 384 Schw. Analyse durch die Strahlenscheibe.

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Scheibenbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	2-Tlg. Eine Hälfte Unterteilung
2	alle übrigen	3-Tlg. Schema III
2 + 3	» »	Grdt. » I
1 + 3	2	Schema II, ohne Grdt.
2	1 + 3	» III

Versuch **36 b.** A, gesungen auf $g^1 = 384$ Schw. Rußaufnahmen.

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	
2	alle übrigen	3-Tlg. Schema 3
2 + 3	» »	Grdt. » 1
1 + 3	2	Schema 2, ohne Grdt.
2	1 + 3	» 3

Ergebnis: Nach Versuch 36a und b enthält der Klang $g^1 = 384$ neben dem Grundton nur die Oktave g^2 und den Resonanzton d^3.

Es wurden auch noch die tiefen Klänge $G = 96$ und $B = 112$ analysiert, doch mußten die hohen Resonanztöne bei Vernichtung der tieferen Teiltöne ein so ausgedehntes Interferenzsystem durchlaufen, daß sie zu sehr geschwächt und nicht in gewünschter Klarheit objektiviert wurden.

Versuch **37.** Verwandlung des A durch den Doppelresonator.

Note	Abstimmung des Resonators	Klangwirkung
$G = 96$	Geschlossen	Dumpfes U
	?	Wird der eine Resonator ein wenig, der andere etwas mehr geöffnet, so hört man helles O, fast Å
$c = 128$	Geschlossen	Dumpfes U
	?	Bei minimaler Öffnung O, gedämpft
	c^2	Å-artig
$e = 160$	Geringe Öffnung	Å

Ergebnis: Der geschlossene Resonator dämpft die höheren Teiltöne ab, so daß nur die starken tieferen wirksam bleiben, die dem

Klang einen dumpf U-artigen Charakter verleihen. Werden Teiltöne aus dem O—Å-Gebiet, die etwa zwischen a^1 und f^2 liegen, durch Resonanz hervorgehoben, so nimmt der Gesamtklang Å-Färbung an. Bei $c = 128$ wurde auch ein reines, wenn auch gedämpft klingendes O erzielt.

Die in Versuch 32 an höheren Stimmklängen vorgenommenen mannigfachen Modifikationen (durch Interferenz) konnten durch den Resonator nicht in befriedigender Weise erreicht werden, da die in höherer Stimmlage besonders gellend hervortretenden Resonanztöne nicht genügend abzudämpfen waren.

Aus den Versuchen 31 bis 37 geht hervor:

Die A-Klänge haben ein relativ enges, zwischen b^2 und cis^3 liegendes Resonanzgebiet. Die in dies Gebiet fallenden harmonischen Teiltöne sind sehr laut und geben dem Vokal seine charakteristische Klangfarbe. Bei tiefen Stimmklängen ist die Einheitlichkeit des Vokalcharakters an das Vorhandensein von Teiltönen gebunden, die zwischen Grundton und Resonanzton liegen.

5) Der Vokal Ă (Versuch 38—43).
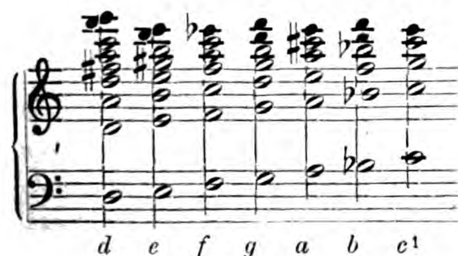
Bei den subjektiven Hörversuchen gingen die Sänger wieder von der O-Stellung der Sprachwerkzeuge aus. Unter Beibehaltung der Zungenstellung senkten sie während des Singens langsam den Unterkiefer, trieben auf diese Weise die Resonanz der Mundhöhle in die Höhe und brachten die zur Verstärkung kommenden Teiltöne nacheinander zu Gehör.

Die Resonanztöne der tiefen Klänge werden wieder durch ihre Ordnungszahl bezeichnet.

Versuch **38.**

Note	Resonanztöne des Ă
$F = 85^1/_3$	14. (es^3), 15. u. 16. (f^3) Teilton
$G = 96$	12. (d^3), 13. u. 14. (f^3) Teilton
$A = 107$	11., 12. (e^3) u. 13. Teilton
$B = 120$	10. (d^3), 11. u. 12. (f^3) Teilton
$c = 128$	9. (d^3), 10. (e^3) u. 11. Teilton

Note	Resonanztöne
d	d^3, e^3 (fis^3 sehr hell)
e	d^3, e^3
f	es^3
g	d^3, f^3
a	e^3
b	d^3, f^3
c^1	e^3



Das Resonanzgebiet des Ă reicht etwa von d^3 bis f^3.

Die bezeichneten Töne können optimale Resonanz erhalten, d. h. die Mundhöhle kann auf jeden einzelnen direkt abgestimmt werden, ohne daß der Vokalcharakter verloren geht. Wird im Stimmklang d der 10. Teilton fis^3 optimal verstärkt, so wird der Klang bereits als sehr unschön empfunden.

Versuch **39.** Die einzelnen Teiltöne wurden vernichtet bzw. geschwächt und die jedesmalige Klangwirkung beurteilt.

Note	Vernichtete Teiltöne	Noch wirksame Teiltöne	Klangwirkung
	e^3	$c^1+c^2+g^2+c^3$	fast U [Stimmton $c = 128$: Å]
	e^3+c^3	$c^1+c^2+g^2$	U
	$e^3+c^3+g^2$	c^1+c^2	U
	g^2	$c^1+c^2+c^3+e^3$	Ŏ̈ [Ö in Hölle]
$c^1 = 256$	g^2+c^2	$c^1+c^3+e^3$	dunkles Ö [G. R.: Ŭ̈]
	d^3 geschwächt	g^1+g^2	etwas nach A
	g^2	g^1+d^3	bleibt Ă
	g^1+d^3 geschw.	$g^2\ (+g^1+d^3)$	Ö-artig
$g^1 = 384$	g^2+d^3	g^1	U
	e^3 geschwächt	$a^1+a^2\ (+e^3)$	fast Ü
	e^3+a^2	a^1	U
	a^2	a^1+e^3	zwischen Ö und Ü
$a^1 = 427$			

Ergebnis: Wird der Resonanzton samt dem nächsttieferen Teilton abgetragen, so wird der Klang zum U. Für den Klang $c^1 = 256$ ergibt sich daraus nach den bisherigen Erfahrungen, daß seine mittleren Teiltöne c^2 und g^2 im Verhältnis zum Grundton schwach sind. Wären sie stärker, so würde sich O bzw. A ergeben.

Ein Rückblick auf Versuche 9 und 17 läßt erkennen, daß Ă und Ü dieselben Resonanztöne besitzen, wie ja auch A und Ö sich als zusammengehörig erwiesen haben. Die Verwandtschaft des Ă und Ü ist, sosehr sich die psychische Klangbeurteilung dagegen sträuben mag, sogar noch enger als die von A und Ö, denn beide Klänge zeichnen sich — in der Stimmlage a bis g^1 — durch einen sehr schwachen Mittelbau aus. Ă hat im wesentlichen nur einen stärkeren, geradezu

gellenden Resonanzton, durch dessen Schwächung (vgl. a^1) der Klang sofort Ü-artig wird.

(Übrigens kann d^3 noch nicht als Resonanzton des Ü bezeichnet werden. Das Gebiet beginnt etwa bei es^3 und geht mindestens bis g^3, auf welchen Ton jedoch auch noch ein sehr helles und unschönes Ä gebildet werden kann.)

Versuch **40.** Ä, gesungen auf $e = 160$ Schw. Auflösung des Klanges. Aufzeichnung durch die rußende Flamme.

(Die hohen Resonanztöne e^3 bis g^3 wurden zwar von der Strahlenscheibe noch objektiviert, doch konnten die vielstrahligen Bilder nicht mehr einwandfrei ausgezählt werden, weshalb hier auf die Mitteilung dieser Versuche verzichtet wird.)

Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	kompliziert
2 + 6	alle übrigen	4-Tlg. mit Zwischenzeichnung
2 + 3 + 6	» »	7—8 Ringe
2—4 + 6	» »	5-Tlg.
2—6	» »	8-Tlg.
2—7	» »	8-Tlg.
2—8	» »	Grundton, verschwommen
3—7	1 + 2 + 8	2-Tlg., jede Hälfte 4-Tlg.
2, 4—8	1 + 3	verschwommen. Grdt.
2, 3, 5—8	1 + 4	» »
2—4, 6—8	1 + 5	5-Tlg. (Schema 5)
2—7	1 + 8	scharfe 8-Tlg. (Schema 8)

Ergebnis: Der 8. Teilton (Resonanzton e^3) erwies sich, übereinstimmend mit der subjektiven Analyse, als sehr stark. Die beim Abtragen des Klanges sich ergebenden vielgestaltigen Rußbilder zeigen hier besonders deutlich, wie gewagt es ist, aus der Gliederung bzw. Ringzahl derselben die Struktur der Klänge erkennen zu wollen. Nur vollständige Auflösung der Klänge und Isolierung der Teiltöne kann hier zum Ziel führen.

Die geringe Intensität der mittleren Teiltöne trat bei diesem Versuch auffällig in die Erscheinung. Außer dem 2. konnte nur der 5. nachgewiesen werden.

Versuch **41.** Ä, gesungen auf $a = 213$ Schw. Rußaufnahmen. (Etwas dunkler intoniert als beim vorigen Versuch.)



Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	
2 + 6	alle übrigen	4-Tlg. (1 Doppelring)
2 + 3 + 6	» »	5 Ringe
2—4 + 6	» »	verschwommen
2—6	» »	verschwommen. Grdt.
3—6	1 + 2	2-Tlg. Schema 2
2, 4–6	1 + 3	3-Tlg. » 3
2, 3, 5, 6	1 + 4	4-Tlg., scharf. Schema 4
2—4, 6	1 + 5	5-Tlg. Schema 5

Ergebnis: Vom Klang $a = 213$ wurden also die fünf ersten Teiltöne aufgezeichnet. Das Fehlen des 6. ist wohl der dunklen Intonation zuzuschreiben.

Versuch **42.** Ă, gesungen auf $d^1 = 288$ Schw. Rußaufnahmen.



Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	
2 + 6	alle übrigen	5 Ringe
2 + 3 + 6	» »	5-Tlg.
2—4 + 6	» »	5-Tlg.
2—5 + 6	» »	schwache, feine Gliederung (7?)
3—6	1 + 2	2-Tlg. Schema 2
1, 3—6	2	Schema 2, ohne Grdt.
2, 4—6	1 + 3	Grdt. Schema 1
2, 3, 5, 6	1 + 4	4-Tlg. » 4, scharf
2—4, 6	1 + 5	5-Tlg. » 5, schwach

Ergebnis: Der Klang d^1 enthält hiernach neben dem Grundton den 2., 4. und 5. Teilton, den 4. (d^3) und den 5. (f^3) als Resonanztöne.

Versuch **43.** Ă, gesungen auf $g^1 = 384$. Rußaufnahmen.



Vernichtete Teiltöne	Freigegebene Teiltöne	Rußbild (Angabe des betr. Schemas.)
—	alle	
2	alle übrigen	4-Tlg. 1 Ring stärker
2 + 3	» »	4-Tlg., regelmäßig
2–4	» »	Grundton
1, 3—4	2	Schema 2, ohne Grdt.
1 geschwächt	1 + 3	» 3
	1 + 4	» 4

Ergebnis: Der Klang g^1 enthält neben dem Grundton den 2., 3. und 4. Teilton, die beiden letzten d^3 und g^3 als Resonanztöne.

Der Vokal wurde absichtlich recht hell gesungen, um die Leistungsfähigkeit des Rußverfahrens zu prüfen. Das starke $g^3 = 1536$ Schw. wurde mit großer Klarheit noch objektiviert.

Vom Doppelresonator wurden die Ă-Klänge nur wenig modifiziert, da die durchdringenden Resonanztöne nicht genügend abzudämpfen waren.

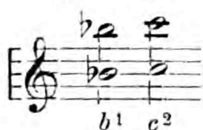
Aus den Versuchen 38—43 ging hervor:

Die Ă-Klänge besitzen laute Resonanztöne im Gebiet d^3—f^3. Etwa zwischen Grundton und Resonanzgebiet liegende Teiltöne haben geringe Intensität.

6) Vokale in höherer Stimmlage (Versuch 44—46).

Nachdem sich gezeigt hatte, daß eine ausgesprochene U-Färbung nur den etwa zwischen g und g^2 liegenden, eine ausgesprochene O-Färbung nur den etwa zwischen b^1 und d^2 liegenden Tönen anhaftet, lag es nahe, eine höhere Frauenstimme daraufhin zu prüfen, ob sie etwa auch dann noch ein U oder O zu produzieren vermöchte, wenn der Grundton des Stimmklangs über das betreffende Vokalgebiet hinausginge.

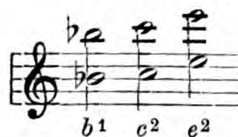
Versuch **44.** Vokal U, gesungen von Frl. T.



b^1 wird noch als U beurteilt, klingt jedoch sehr hell. Die Oktave ist schwach. Verstärkt man sie durch den Resonator, so wird der Klang A-artig. c^2 ist nicht mehr U-artig zu nennen, auch dann nicht, wenn der Grundton im Resonator verstärkt wird. Man hört helles O, bei verstärkter Oktave A.

Ergebnis: Obwohl b^1 bereits eine kleine Terz oberhalb des eigentlichen U-Gebietes liegt, kann es doch noch als U-artig empfunden werden (desgl. wenn es mit dem Munde gepfiffen wird). Sein O-Charakter tritt jedoch sofort hervor, wenn die tiefere Oktave hinzutritt.

Versuch **45.** Vokal O, gesungen von Frl. T.



b^1 kann noch als reines O gelten. Verstärkung des Grundtons (oder Abdämpfen der Oktave) macht ihn U-artig. Verstärkung der Oktave ergibt A. Das O-artige bleibt nur dann, wenn der Resonator eine Abstimmung erhält, die mitten zwischen Grundton und Oktave liegt.

c^2 wird noch als O beurteilt. Verstärkung der Oktave ergibt A. e^2 hat keine charakteristische O-Färbung mehr. Prüfung der Mundhöhlenstimmung ergab a^2, auf e^2 konnte der Vokal nicht hervorgebracht werden.

Ergebnis: In dem Augenblick, wo der Grundton des Stimmklangs das O-Gebiet verläßt, ist kein O mehr zu produzieren.

Versuch **46.** Die Sängerin versucht, auf die Note g^2 abwechselnd die Vokale U, O, A, A zu intonieren. Ein Unterschied ist jedoch nicht wahrzunehmen. Am nächsten steht der Klang dem dunklen A. Merkwürdig ist, daß der Sängerin die Undifferenziertheit der Klänge nicht recht zum Bewußtsein kam, was wohl auf den Einfluß der kinetischen Empfindungen zurückzuführen ist.



VI. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Der Nachweis, daß die Vokalklänge U, O, Å, A und Ă sich aus harmonischen Teiltönen, und nur aus solchen, zusammensetzen, dürfte durch die mitgeteilten Versuche erbracht sein. Alle durch subjektive Analyse gefundenen harmonischen Komponenten erwiesen sich bei der objektiven Aufzeichnung und stroboskopischen Versichtbarung als reale Bestandteile, die sich schwächen, vernichten, isolieren und nach Willkür kombinieren lassen. Die lückenlose Übereinstimmung zwischen Gehörtem und Registriertem läßt nur die eine Deutung zu, daß die Klangverhältnisse tatsächlich so sind, wie Helmholtz sie sich vorstellte.

Hinausgehend über diese rein physikalische Feststellung wurde Material gewonnen erstens für die Charakterisierung der einfachen Tonempfindungen, zweitens für die Erkenntnis der zwischen objektiver Schwingungsform und psychischer Wahrnehmung obwaltenden Beziehungen.
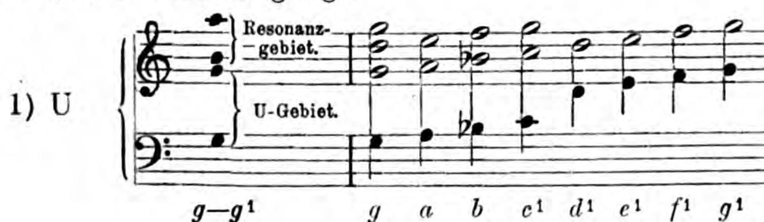
Die elementare, an die Perzeption einer einfachen Sinusschwingung geknüpfte Tonempfindung zeigte — innerhalb eines gewissen Tonhöhenbereichs — ein eigentümliches Merkmal, welches als vokalisch definiert wurde. Einer bestimmten Tonhöhe entspricht im wahrnehmenden Bewußtsein eine ganz bestimmte Vokalnuance, und zwar geht der kontinuierlich aufsteigenden Tonskala eine ebenso kontinuierliche Reihe von Bewußtseinsphänomenen parallel.

So einfach und eindeutig hier die Beziehungen zwischen dem objektiv Gegebenen und dem subjektiv Wahrgenommenen sind, so kompliziert werden dieselben, wenn es sich um die Perzeption zu-

sammengesetzter Schwingungsformen handelt. Aus den verschiedenen Klangauflösungen ging hervor, daß ein Gesamtklang niemals aus Summation oder Mischung von Elementen erklärt werden kann. Eine Tonsynthese ergibt zunächst für die unbefangene, nicht analysierende Betrachtung im Bewußtsein ein durchweg Neues und Eigenartiges. Eine gewisse qualitative Verwandtschaft mit einem der Elemente kann allerdings dann konstatiert werden, wenn eben dies Element besonders stark ist, wie bei den hier behandelten Vokaltypen. Doch hat sich ergeben, daß das Einheitliche, das der Vokalklang im Bewußtsein hat, schon durch die Entziehung eines einzigen, scheinbar unwichtigen Elements gestört werden kann. Die hier obwaltende Gesetzmäßigkeit einigermaßen erschöpfend zu formulieren, wird erst nach umfangreichen Einzeluntersuchungen möglich sein. (Eine weitere Komplikation erhält das Problem durch die weitgehende Klangzerlegung mittels der Aufmerksamkeit, auf die weiter unten noch eingegangen wird.)

Die interessante tonpsychologische Seite des Vokalproblems verdient in einer zusammenfassenden Betrachtung besonders berücksichtigt zu werden.

In den Eingangsversuchen wurden bei den Obertönen der Zungenpfeifen die Vokalfärbungen U, O, Å, A, Ă festgestellt, von denen jede an eine absolute Tonhöhe gebunden ist. Die sich unwillkürlich aufdrängende Vermutung, daß es besonders starke Teiltöne von eben dieser Tonhöhe sein müssen, die dem menschlichen Stimmklang entsprechenden Vokalcharakter verleihen, hat sich im wesentlichen bestätigt, doch ergab sich, daß ihr starkes Hervortreten nicht immer auf die Resonanz der Mundhöhle zurückgeführt werden kann. Die bei den einzelnen Vokalen zu beobachtende Gesetzmäßigkeit sei hier noch einmal kurz dargelegt.



Die etwa zwischen g und g^1 liegenden Obertöne tiefer Zungenpfeifenklänge haben, isoliert betrachtet, U-Färbung. Dementsprechend klingen die zwischen g und g^1 liegenden Stimmklänge wie dumpfes U, wenn der Grundton allein vorhanden ist. Der Grundton ist hier der Träger des Vokalcharakters. Höhere Teiltöne dienen nur zur Nuancierung und müssen im Verhältnis zum Grundton unbedingt schwach sein.
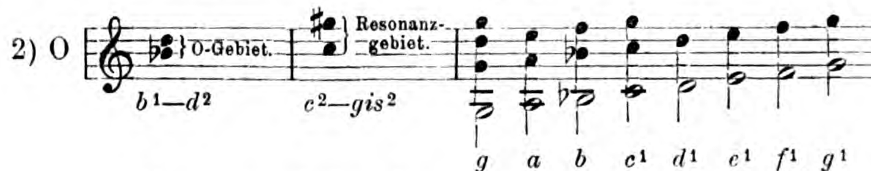
Es wurden insgesamt 16 Klänge aus diesem Stimmgebiet (auf U, O, A, A oder Ä intoniert) bis auf den Grundton abgetragen, der dann für sich allein ein U ergab, das an den dumpfen Klang einer gedackten Orgelpfeife erinnerte. (Versuch 10, 18, 25, 32, 39.) Subjektive und objektive Analyse wiesen ferner beim gesungenen U

schwache Resonanztöne zwischen h^1 und a^2

nach, deren Höhe von der jeweiligen »hellen« oder »dunklen« Intonation abhängt. Läßt man sie durch Schwächung der tieferen Teiltöne, namentlich des Grundtons, oder auch durch Verstärkung im Doppelresonator stärker hervortreten, so verwandelt sich der Klang in O bzw. A. (Versuch 10 und 16.)

Bei den U-Klängen unterhalb g tritt der Grundton aus dem U-Gebiet heraus, die Oktave verstärkt sich und ist namentlich beim Klang c sehr laut. (Versuch 12.) Desgleichen bei $e = 160$. (Versuch 15.)

Daß das Charakteristikum des U nicht in einem »Mundton« von der Höhe c^1—e^1 zu suchen ist, geht daraus hervor, daß die Resonanzhöhe der Mundhöhle durchweg nur bis b^1 hinuntergeht, also nicht in das U-Gebiet hineinreicht. (Versuch 3.) Ein Stimmklang mit c^2 als Grundton klingt nicht mehr U-artig. (Versuch 44.)

2) O 

Die etwa zwischen b^1 und d^2 liegenden Obertöne tiefer Zungenpfeifen haben, isoliert betrachtet, O-Färbung. Diese Töne treten in den Stimmklängen b bis d^1 als sehr starke Oktaven (zugleich als Resonanztöne) auf und machen den Klang zum O. Aber auch die tieferen Klänge g—a und die höheren e^1—g^1 bedürfen nur einer starken Oktave, um als O charakterisiert zu sein. Auf diesen an sich ausreichenden Grundstock — Grundton + starke Oktave — setzen sich nun bei den Klängen g—c^1
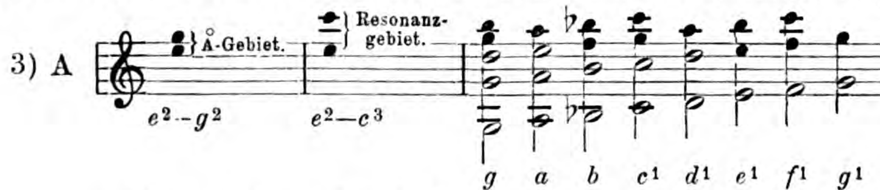
Resonanztöne in der Höhe c^2 bis gis^2

auf, die aber hier nur zur Nuancierung dienen und abgetragen werden können, ohne daß der Vokalcharakter dadurch gefährdet wird. (Versuch 18.)

Die als U gesungenen Klänge c^1, d^1 und e^1 (Versuch 10) ließen sich durch Schwächung des Grundtons, die als U gesungenen Klänge G, c, e und c^1, ferner die als A gesungenen Klänge G, c und e durch resonatorische Verstärkung eines zwischen c^2 und g^2 liegenden Teil-

tones in O überführen. (Versuch 16 und 37.) Å-Klänge und A-Klänge ließen sich durch Interferenz so modifizieren, daß sie den bezüglich des O gestellten Anforderungen genügten und diesen Vokalcharakter annahmen. (Versuch 25 und 32.)

Auffällig ist, daß g^1, an sich durchaus U-artig klingend, (auch als Grundton eines U-Klanges auftretend) imstande ist, als starke Oktave den Klang g zum O zu machen. Hier möchte man versucht sein, da das »absolute Moment« als Erklärungsfaktor nicht ausreicht, die Ordnungszahl mit heranzuziehen, doch ist dem entgegenzusetzen, daß tiefe U-Klänge nicht durch Verstärkung der Oktave, sondern des 4., 5. und 6. Teiltons in O verwandelt werden. (Versuch 16.)
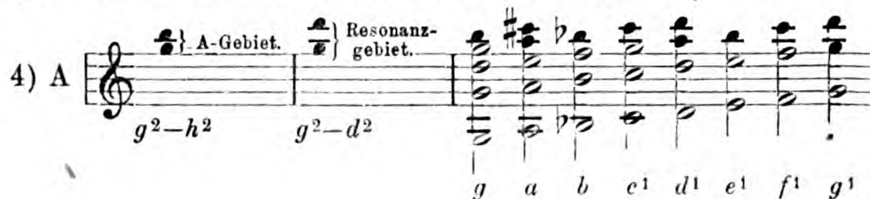


Die zwischen e^2 und g^2 liegenden Obertöne tiefer Zungenpfeifen haben, isoliert betrachtet, A-Färbung. Sollen jedoch die Stimmklänge g—g^1 A-Charakter annehmen, so ist die Verstärkung der zwischen e^2 und g^2 liegenden Teiltöne nicht ausreichend. Die dunkle Färbung der tieferen Teiltöne muß gewissermaßen durch entsprechend hellere Resonanztöne, in der Regel g^2—a^2, kompensiert werden. g^2 und a^2 können optimale Resonanz erhalten. Fällt kein Teilton in dies Tongebiet, so wird der nächsthöhere im Verein mit dem nächsttieferen verstärkt, z. B. $b^2 + f^2$, $h^2 + e^2$, $f^2 + c^3$, so daß das gesamte

Resonanzgebiet von e^2 bis c^3

reicht. Die Mundhöhlenstimmung bleibt dabei immer zwischen g^2 und a^2.

Die A-Klänge c^1 und g^1 (Versuch 32), ferner die U-Klänge b und d^1 (Versuch 10) konnten durch Interferenz A-artig gemacht werden. Durch resonatorische Verstärkung von g^2 wurden die O-Klänge c und c^1 in A verwandelt; auch die A-Klänge G, c und e ließen sich so modifizieren. Der U-Klang G wurde durch Verstärkung von g^2 zu nasalem Å. (Versuch 23, 37, 16.)
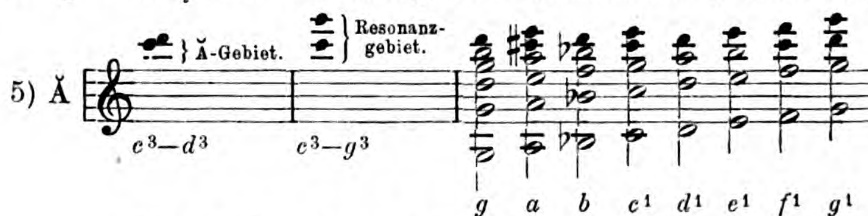


Die im Gebiet g^2—h^2 liegenden Obertöne tiefer Zungenpfeifen haben A-Färbung. Die auf A gesungenen Stimmklänge erweitern jedoch ihr Resonanzgebiet nach oben. b^2, h^2 und c^3 können optimale Resonanz erhalten. Als Ersatz können die gleichzeitig verstärkten Töne $a^2 + cis^3$, $a^2 + d^3$, $g^2 + d^3$ usw. eintreten, so daß das gesamte

Resonanzgebiet zwischen g^2 und d^3

anzusetzen ist, wobei jedoch die Mundhöhlenstimmung nur zwischen b^2 und c^3 schwankt.

Die Resonanztöne haben für das A durchaus konstitutiven Charakter; ihre Vernichtung verwandelt den Klang sofort in O oder U. (Versuch 32.) Der U-Klang e^1 konnte durch Hervorheben von h^2 mittels Interferenz A-artig gemacht werden. (Versuch 10.) Der A-Klang c^1 wurde durch Hervorheben von c^3 in reines A verwandelt. (Versuch 25.) Durch resonatorische Verstärkung von h^2 wurde der O-Klang e^1 zu A, der O-Klang e zu nasalem A. (Versuch 23.) Der Å-Klang c wurde durch Verstärkung von b^2 zu nasalem A. (Versuch 30.)



Die zwischen c^3 und d^3 liegenden Obertöne tiefer Zungenpfeifen haben helle Ă-Färbung (vielleicht darf man das Gebiet bis e^3 erweitern). Bei den Stimmklängen können d^3, e^3, auch noch f^3, optimale Resonanz erhalten; im letzteren Falle wird der Klang bereits als unschön empfunden. Bei normalem Ă (Mundstellung d^3—dis^3) kommen

Resonanztöne zwischen c^3 und g^3

in Betracht, die dem Vokal sein Gepräge geben. Ihre Vernichtung bewirkt sofort vollkommene Deformation. (Versuch 39.) Da das Resonanzgebiet des Ă sich mit dem des Ü zum großen Teil deckt, so kann unter Umständen eine einfache Modifikation durch Interferenz das Ă in Ü überführen. (Versuch 39, a^1.)

6) Der Parallelismus zwischen Obertonfärbung und Vokalcharakteristik gestattet, das ganze Vokalproblem unter einheitlichem Gesichtswinkel zu betrachten: Die Vokalfarbe einer besonders starken harmonischen Komponente macht sich in der Gesamtwirkung besonders geltend. Wenn nun als Ersatz für den einen »charakteristi-

schen Ton« auch zwei benachbarte eintreten, die dann je nach ihrer Intensitätsabstufung eine Art Proportionalwirkung ergeben, so darf man sich nicht verführen lassen, daraus ein allgemeines Gesetz der Tonmischung ableiten zu wollen, etwa analog dem der Farbenmischung. Die akustische Auffassung ist eben von der optischen toto genere verschieden und vermag unter entsprechender Richtung der Aufmerksamkeit eine Klangmasse in der verschiedensten Weise zu zerlegen und zu gliedern. Ein Ohr, das im Analysieren geübt ist, hört z. B. bei dem Klang $e^1 + e^2 + h^2$ die harmonischen Teiltöne »nebeneinander«, was oft mit der Vorstellung einer räumlichen Trennung derselben verbunden ist. Man hört immer e^1 als dumpfes U, e^2 als Å und h^2 als A, gleichviel, ob der Klang als U, O, Å oder A gesungen wird. Man kann, wenn die Aufmerksamkeit längere Zeit so eingestellt ist, nachher manchmal nicht sagen, welcher Vokal gesungen wurde, und errät es nachträglich dadurch, daß man sich das beobachtete Intensitätsverhältnis vergegenwärtigt. Das Vokalhören ist also, abgesehen von der Vokalnatur der Obertöne, eine Auffassungsweise, eine besondere Erscheinungsform des Gegebenen, die bei der Analyse einer anderen Platz macht. In vielen Fällen genügte die Verbindung zweier Töne zur Bildung eines gesanglich einwandfreien Vokals; besonders instruktiv war in Versuch 44 und 45 der Klang $b^1 + b^2$, der sich unter allmählicher Verschiebung des Schwerpunktes vom Grundton zur Oktave von U über O und A in A verwandelte. Liegen beim Å, A und Ä Grundton und charakteristischer Ton weit auseinander, so ist für eine einheitliche Klangauffassung eine gewisse Zwischenfüllung unbedingtes Erfordernis. Man hört sonst immer den Grundton (brummend oder als dumpfes U) und den A-artigen Nebenklang gesondert.

Daß es unter Umständen erlaubt ist, ohne Beeinträchtigung einer einheitlichen Vokalauffassung den beiden Ohren verschiedene klangliche Bestandteile zuzuführen, konnte mittels des Doppelresonators mehrfach festgestellt werden. Ein paar Beispiele mögen hier Platz finden. Wurde U auf $G = 96$ gesungen und der eine Resonator auf h^1, der andere auf d^2 abgestimmt, so wurde ein reines O gehört; wurde auf der einen Seite h^2, auf der anderen f^2 verstärkt, so hörte man A. Desgleichen wurden im O-Klang $c = 128$ e^2 und h^2 gesondert verstärkt, was auch Å ergab. Hier besteht also ein gewisser Parallelismus mit dem Gesichtssinn, wo den Augen nicht die gleichen optischen Bilder geboten werden, ohne daß die Einheitlichkeit der räumlich aufgefaßten Dinge gefährdet wird.

Daß die Vokale bei ihrer harmonischen Struktur in bezug auf

Differenztöne und Schwebungen sich von anderen Klängen prinzipiell durch nichts unterscheiden, bedarf nach dem bisher Entwickelten keiner weiteren Begründung, und auf die Mitteilung diesbezüglicher objektiver Versuche kann verzichtet werden.

Auf eine etwas seltsame, das Verhältnis U : O berührende Erscheinung darf noch einmal hingewiesen werden. Die Töne g^1—b^1 werden, wenn sie als Grundtöne auftreten (z. B. bei Lippenpfeifen, Stimmklängen, b^1 auch als tiefster pfeifbarer Mundton), als »dunkel«, U-artig empfunden. Treten sie nun zu den tiefen Tönen g—b in Oktavenverhältnis, so sollte man erwarten, daß der Gesamtklang auf alle Fälle noch dunkler und U-ähnlicher würde. Sind jedoch die Oktaven g^1—b^1 im Verhältnis zum Grundton stark, so wird der Gesamtklang zum Vokal O, dem man doch eine größere »Helligkeit« zuschreiben möchte als jedem seiner Komponenten. Dieser Fall zeigt, daß man das Talbotsche Gesetz nicht einfach auf akustische Verhältnisse übertragen kann.

Das Ergebnis der mitgeteilten Untersuchungen in herkömmlicher Weise auf eine kurze Formel zu bringen, erscheint angesichts der Mannigfaltigkeit der Erscheinungen und der teilweisen Verzwicktheit der Verhältnisse kaum ratsam, doch mag in Rücksicht auf die jetzt kurz zu besprechenden Resultate der seitherigen Forschung folgendes festgestellt werden:

Die gesungenen Vokale sind Klänge von harmonischer Struktur. Der Charakter der einzelnen Vokalindividualitäten ist in erster Linie abhängig von der absoluten Tonhöhe besonders starker Teiltöne, deren Hervortreten in den meisten Fällen auf Verstärkung durch Mundresonanz, in anderen Fällen, wo sie tiefer liegen, wohl auf Abdämpfung benachbarter Teiltöne zurückzuführen ist. Letztenfalls treten »Resonanztöne« nur nuancierend hinzu und können entbehrt werden, erstenfalls jedoch haben diese durchaus konstitutiven Charakter und können allenfalls da, wo sie zu mehreren in relativ engen Intervallen auftreten, auf ein einziges Element von charakteristischer Tonhöhe reduziert werden.

Die harmonische Zusammensetzung der Vokalklänge ist von den Vertretern der Resonanztheorie, Helmholtz, Auerbach, Hensen, Pipping u. a., richtig erkannt, jedoch nicht überzeugend objektiv nachgewiesen worden[1]). Bezüglich der Resonanztonhöhen bzw. Mundhöhlenstimmung findet man bei ihnen neben offensichtlichen

1) Auf W. Köhlers Arbeiten wird weiter unten näher eingegangen.

Irrtümern manche zutreffende Angaben. Auch da, wo die Ergebnisse der verschiedenen Forscher bedeutend voneinander abweichen, können an sich richtige Beobachtungen zugrunde liegen. Es fehlt jedoch durchweg die systematische Untersuchung aller in Betracht kommenden Verhältnisse, und wo sie angestrebt wird, da wird oft Notwendiges und Zufälliges, Charakteristisches und Unwesentliches nicht unterschieden. So stellen sich die Ergebnisse meist als Einzelbefunde dar, die trotz ihrer Verschiedenheit einander nicht zu widersprechen brauchen, sondern im Rahmen einer umfassenden Betrachtung sehr wohl nebeneinander Platz finden.

Die Vertreter der Formantentheorie haben die bei der Vokalbildung bestehende Gesetzmäßigkeit insofern richtig erfaßt, als sie dem »absoluten Moment« ausschlaggebende Bedeutung zuerkennen, worin sie mit den meisten ihrer Gegner übereinstimmen. Ihre Interpretation der Klangaufzeichnungen — als Oszillationen unharmonischer und anaperiodischer Formanten — ist jedoch im Prinzip verfehlt. Nahegelegt wurde sie durch die eigenartige Form der Klangaufzeichnungen, sowohl der Hermannschen Phonophotogramme wie der Wittmannschen Rußbilder. (Auf letztere soll noch kurz eingegangen werden.) Dabei ist zu bemerken, daß sowohl Hermanns »Schwerpunkts«- bzw. »Proportionalverfahren« wie auch Wittmanns Ausmessung der Rußbilder bei den Vokalen U und O zu Resultaten geführt hat, die dem Tatsächlichen näher kommen als die Analysen der Resonanztheoretiker. Hermann, Samojloff und Wittmann finden übereinstimmend zwei U-Formanten, wovon der tiefere tatsächlich in das oben bezeichnete U-Gebiet fällt, der höhere sich zwanglos in das eigentliche Resonanzgebiet einfügt. Ein ähnlich glückliches Ergebnis haben Hermann und Wittmann bei der Interpretation der O-Aufnahmen, wo die gefundene Formantenhöhe — bei Wittmann der höhere Formant — mit der Mundhöhlenstimmung in der Tat übereinstimmt. Was jedoch hier, in den durch keinerlei Interferenz veränderten Klangbildern, die einzelnen Grundtonperioden (als Zacken bzw. Rußringe) ausfüllt, sind nicht unharmonische und anaperiodische Formantschwingungen, sondern Kurvengipfel, die wie bei anderen musikalischen Klängen durch Superposition der verschiedenen harmonischen Teiltöne entstehen. Nur wenn ein Teilton ziemlich isoliert sich besonders geltend macht, ist sein Vorhandensein aus den ungestörten Klangbildern direkt zu entnehmen, allenfalls darf ein höherer Oberton, dessen Schwingungszahl ein Vielfaches von der des tieferen ist, hinzutreten. (Vgl. Schema 6, Seite 29.)

Bei Wittmanns U-Aufnahmen sind es fast immer Oktaven und Duodezimen gewesen, die dem Rußbild sein besonderes Gepräge gegeben haben. In einigen Zahlen (S. 431 a. a. O.) kommt das harmonische Verhältnis sogar genau, in anderen annähernd zum Ausdruck. (Grundton: tieferen Formanten = 104 : 312, 166 : 332, 150 : 300, daneben 111 : 310, 150 : 330. Auch bezüglich des höheren Formanten finden sich solche Beispiele: 125 : 625, 217 : 630.) Hier hat offenbar der eine dominierende Teilton sich durchsetzen können. Wo aber Oktave und Duodezime nebeneinander wirksam waren und vielleicht noch höhere Teiltöne hinzutraten, da wurden die Kurvengipfel — graphisch vorgestellt — natürlich verschoben, und die Rußringe lagerten sich dementsprechend ab. Hier glaubte nun Wittmann, von Hermanns Theorie geleitet, unharmonische und anaperiodische Formantschwingungen annehmen zu müssen. Obwohl auch in diesen Fällen die Auszählung bzw. Ausmessung der Rußbilder durchaus nicht zu absurden Ergebnissen führte — Wittmann schied besonders komplizierte Rußbilder überhaupt aus, da er hier störende Nebenwirkungen annahm —, so ist für die exakte Untersuchung doch ein systematisches Abtragen der Teiltöne, verbunden mit subjektivem Hören, unbedingtes Erfordernis. Namentlich bei den A-Aufnahmen sind die einzelnen Bestandteile, abgesehen von ganz hoher Stimmlage, aus dem ungestörten Rußbild nicht herauszulesen, und die von Wittmann gefundenen Formanten liegen, ebenso wie die Hermannschen, unterhalb der charakteristischen Tonhöhe. Übrigens wäre es interessant, wenn auch Hermanns photographische Klangaufzeichnung einmal in den Dienst einer wirklichen Analyse, so wie sie in dieser Arbeit vorgenommen wurde, gestellt würde.

Vor allem wäre jedoch zu wünschen, daß die subjektive Vokalanalyse, die bisher bei manchem in Mißkredit gestanden hat, wieder mehr gepflegt würde. Durch die Ergebnisse dieser Arbeit dürfte sie rehabilitiert sein. Sie wird durch das hier angewandte Verfahren, in kontinuierlichem Übergang von einem Vokal zum anderen die Resonanztöne sukzessive hervortreten zu lassen, wesentlich erleichtert, für manchen sogar erst möglich gemacht.

Zur objektiven Analyse wurde anfangs nur die stroboskopische Scheibe benutzt. Später trat, auf Anregung von Herrn Geh.-Rat Martius, das Rußverfahren hinzu. Beide Methoden erwiesen sich als durchaus brauchbar. Wo Töne von über 1000 Schw. in Betracht kommen, empfiehlt es sich, das Rußverfahren zu bevorzugen, denn die vielstrahligen Bilder der rotierenden Scheibe sind schwer aus-

zuzählen, wogegen die rußende Flamme noch den Ton g^3 = 1536 Schw. (als Oberton) so exakt aufzeichnete, daß ein Irrtum in der Interpretation unmöglich war. (Ein nachträglicher Versuch zeigte, daß mit der rußenden Flamme Pfeifentöne von über 2000 Schw. noch vollkommen klar objektiviert werden.)

Obwohl die hier mitgeteilten Untersuchungen unter wesentlich anderen Gesichtspunkten angestellt wurden, so berühren sie sich in ihren Resultaten doch vielfach mit den »Akustischen Untersuchungen« von W. Köhler[1]), die hier, soweit sie das Vokalproblem betreffen, noch kurz zu besprechen sind. Köhler entdeckte die spezifische, an bestimmte Tonhöhen gebundene Vokalfärbung nicht durch Heraushören entsprechender Teiltöne aus harmonischen Klängen, sondern konstatierte dieselbe an den relativ einfachen Klängen verschieden hoher Stimmgabeln und ließ dann von unbefangenen Versuchspersonen obertonfreie Flaschentöne bezüglich ihres Vokalcharakters beurteilen. Dabei stellte sich heraus, daß reinste M-Färbung bei 131 Schw., reinste U-Färbung bei etwa 263 Schw., O-Färbung bei etwa 525 Schw., A-Färbung bei etwa 1050 Schw., e-Färbung bei etwa 2100 Schw., i-Färbung bei reichlich 4000 Schw. wahrgenommen wurde. »Wie im Farbengebiet eine Reihe psychischer Qualitäten vom Rot durch die Nuancen des Orange zum Gelb, von diesem eine zweite zum Grün führt usf., so verläuft eine Ähnlichkeitsreihe im phänomenalen Tonsystem vom U über die Abstufungen des U—O und O—U zum O, von diesem eine neue zum A und weitere zum E und i.« (II, S. 99.) Diese Behauptung Köhlers scheint allgemeiner Skepsis begegnet zu sein, doch ist sie durchaus zutreffend und besagt im Prinzip genau das, was oben in Versuch 1 — unabhängig von Köhler — gefunden wurde. Die Übereinstimmung bezüglich der M-, U-, O- und A-Färbung ist überraschend, nur das »reinste A« wird von Köhler etwas höher angesetzt. (Auch die i-Färbung bei etwa 4000 Schw. drängte sich mir unwillkürlich auf, doch wurde von einer Mitteilung vorläufig abgesehen, weil die objektive Registrierung in diesem Tongebiet noch Schwierigkeit machte.) Befremdlich ist mir allerdings, daß Köhler isoliert gebotenen Tönen (also Grundtönen) von 512—527 Schw. optimale O-Färbung beilegt. Als Grundtöne erscheinen mir g^1—c^2 durchaus U-artig zu sein, sogar d^2 wurde, mit dem Munde gepfiffen, in der

1) W. Köhler, Akustische Untersuchungen. I. Ztschr. für Psychologie. Bd. 54. 1909. II. Ztschr. für Psychologie. Bd. 58. 1911. III und IV (vorl. Mitteilung). Ztschr. für Psychologie. Bd. 64. 1913.

Regel noch als U charakterisiert. O-Färbung nehmen diese Töne erst an bei Hinzutreten der tieferen Oktave, dann allerdings liegt bei 525 Schw. etwa das Optimum. Diese Qualitätsänderung ist Köhler keineswegs entgangen, doch glaubt er, die tiefere Oktave bewirke nur, daß das bereits vorhandene O viel »voller und sprachähnlicher« werde (Z. f. Ps. 64, S. 101). Ganz auf dem Gebiet der Hypothese scheint mir Köhlers Lehre von den »ausgezeichneten Punkten des phänomenalen Tonsystems« zu liegen. Aus dem eigenartigen Untersuchungsergebnis, daß die Tonhöhen für optimale M-, U-, O-, A-, E- und i-Färbung fast genau in Oktaven liegen, zieht Köhler den Schluß: »Die Qualitätsreihen des phänomenalen Tonsystems erstrecken sich zwischen festen, empfindungsmäßig ausgezeichneten Punkten, und jede über eine Oktave.« (Z. f. Ps. 58, S. 130.) Weiterhin wird sogar die Möglichkeit erwogen, daß den ausgezeichneten Punkten besondere Resonatoren im Labyrinth entsprechen möchten, ein O-Resonator, ein A-Resonator usw. »Bei der Schwingungszahl 525 des einwirkenden Tones würde nur jener, bei der Frequenz 1050 nur dieser (A-Res.) mitschwingen; dagegen wenn der Ton 750 zugeleitet wird, so würden der O- und A-Resonator mitschwingen, wenn schon beide mit geringer Intensität, da nicht ihr Eigenton (525 bzw. 1050) ertönt.« (Z. f. Ps. 64, S. 103.) Ich muß gestehen, daß mir im Gebiet M bis Ă keine »Qualität« irgendwie besonders psychisch betont erschienen ist. A und Ă schienen mir von vornherein ebenso einzigartige Typen zu sein wie O und A (vielleicht weil wir Niederdeutschen sie gleich den Engländern als Langvokale sprechen), und ich habe nur bedauert, daß mir zur Bezeichnung anderer »zwischenliegender« Qualitäten die konventionellen Schriftzeichen fehlten. Das Köhlersche »Oktavengesetz« dürfte doch wohl in der Zufälligkeit des hochdeutschen Sprachgebrauchs seinen Grund haben, und man tritt ihm wohl am besten mit derselben Reserve entgegen, die der Autor selbst bezüglich seiner Resonanztheorie empfiehlt. Die zwischenliegenden Qualitäten besitzen nun nach Köhler zwei »Valenzen«, das helle U neben einer starken U-Valenz eine geringe O-Valenz, das Å eine O- und eine A-Valenz usw., eine Annahme, die anfangs (Z. f. Ps. 58, S. 118) noch vornehmlich heuristische Bedeutung zu haben scheint, später jedoch (Z. f. Ps. 64, S. 96) als Erklärungsprinzip für das Zustandekommen eines einheitlichen Vokaleindrucks bei gesungenen Vokalen benutzt wird. Köhler hat nämlich, auch auf Grund von Interferenzversuchen, ganz richtig erkannt, daß nicht derjenige Teilton allein, der mit dem betreffenden charakteristischen

(»ausgezeichneten«) Punkte der Vokalreihe zusammenfällt oder ihm am nächsten liegt, den ganzen Klang z. B. zum A macht, und ist der Ansicht, »daß vielmehr wohl alle Töne, die eine A-Valenz besitzen, für die A-Färbung des Ganzen verantwortlich sind« (Z. f. Ps. 64, S. 96). Weiterhin meint er (S. 97), »daß nicht nur die gleichen Valenzen (hier die A-Valenzen) sich addieren, sondern daß auch die anderen in irgendeiner Weise unwirksam werden können«. Das Unzulängliche einer solchen Erklärungsweise, die gewissermaßen aus psychischen Atomen kompliziertere Wahrnehmungsgebilde synthetisch aufbauen möchte, liegt auf der Hand, und bereits bei den Umlauten Ö und Ü kann Köhler den spezifischen Gehörseindruck nicht aus Addition bzw. Unwirksamwerden von Valenzen konstruieren, sondern bezeichnet ihn ganz zutreffend als eine »Neubildung«, die zwar deutliche Verwandtschaft mit den Qualitäten der Komponenten (O- + E-Töne bzw. U- + i-Töne) zeigt, als Vokalempfindung jedoch eine Einheit bildet. »In einem Vokalklang verbleiben die Teiltöne nicht völlig selbständig nebeneinander, sondern treten irgendwie zu einem resultierenden Ganzen zusammen.« (Z. f. Ps. 64, S. 101.) Sofern dies resultierende Ganze nicht als Addition, sondern als Neubildung betrachtet wird, kann man dem Satze durchaus zustimmen. Einer Einschränkung bedarf jedoch der folgende: »Was (aus dem Ganzen) herausgehört wird, sind nicht ‚die' Teiltöne, sondern Reste von ihnen, die bei der Verbindung überschüssig bleiben und die für den Gesamtcharakter relativ gleichgültig zu sein scheinen.« Daß das Heraushören nicht dieselben quantitativen Ergebnisse hat wie die Fourieranalyse, soll zugestanden werden, doch sind es jedenfalls nicht nur Reste, die »außer einer gewissen Helligkeit (bzw. Dunkelheit) und einer musikalischen Tonhöhe nur in manchen Fällen deutlich erkennbaren Vokal besitzen« (S. 101). Infolge anhaltender Übung gelingt es mir sehr wohl, vermittels der Aufmerksamkeit eine weitgehende Zerlegung vorzunehmen und z. B. einen Klang von drei oder vier Komponenten in einer Weise aufzulösen, die der Fourieranalyse auch quantitativ ziemlich nahe kommen mag. Auch folgende Bemerkung Köhlers kann ich nicht bestätigen: »Werden die im charakteristischen Gebiet des betreffenden Vokals liegenden Teiltöne ‚herausgehört', so verändert sich dadurch der (nebenbei gehörte) Gesamtklang des gesungenen Vokals gar nicht sehr deutlich, sondern neben oder über ihm, gewissermaßen heraustauchend, erklingt nur auch noch der betreffende Teilton.« Das ist mir gerade das Rätselhafte bei der Analyse, daß die Klangeinheit sich zuletzt völlig auflöst und die Teiltöne mit ihrer spezifischen

Vokalqualität auseinander treten, etwa wie wenn drei oder vier Personen gleichzeitig verschiedene Vokale singen. Andererseits ist mir die Fähigkeit der Synthese zum Teil verloren gegangen. Z. B. erschienen mir anfangs alle Klänge des oben abgebildeten, mit schwingender Membran versehenen Instrumentes als etwas durchaus Einheitliches. Jetzt gelingt es mir bei manchen derselben nur noch, einige tiefere zu einem U zusammenzufassen, neben dem dann ein O, Å, A usw. gesondert einhergehen und sich jeder Vereinheitlichung widersetzen.

Literaturangabe.

1) Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen.

2) Hermann, Phonophotographische Untersuchungen. Pflügers Archiv. Bd. 45. 47. 48. 53. 58. 61.

3) Pipping, Zur Klangfarbe der gesungenen Vokale. Ztschr. f. Biol. 27.
— Zur Lehre von den Vokalklängen. Ztschr. f. Biol. 31.

4) Auerbach, Untersuchungen über die Natur des Vokalklanges. Pogg. Ann. Erg.-Bd. 8 (1876).
— Bestimmung der Resonanztöne der Mundhöhle durch Perkussion. Wied. Ann. 3 (1878).
— Die physikalischen Grundlagen der Phonetik. Ztschr. f. franz. Sprache und Lit. 16 (1894).

5) Wittmann, Über die rußenden Flammen und ihre Verwendung zu Vokal- und Sprachmelodieuntersuchungen. Arch. f. d. ges. Psychologie. Bd. 29. 1913.

6) W. Köhler, Akustische Untersuchungen. I. Ztschr. f. Psych. Bd. 54. II. Ztschr. f. Psych. Bd. 58. III und IV (vorl. Mitteilung). Ztschr. f. Psych. Bd. 64.

(Eingegangen am 10. April 1917.)

Untersuchungen über die Lokalisation von Schallreizen.

3. Mitteilung:

Über den Anteil des beidohrigen Hörens.

Von

Otto Klemm (Leipzig).

Mit 3 Figuren im Text.

Vorbemerkung.

Die Versuche aus dem Leipziger Institut für experimentelle Psychologie, die ich im folgenden mitteile, wurden im Jahre 1914 abgebrochen. Sie sollten eine Fortsetzung meiner früheren Untersuchungen über die Lokalisation von Schallreizen bilden[1]). Auch die Literatur reicht nur bis 1914. Die Folgezeit bot keine Gelegenheit zu einer Weiterführung. Ich entschloß mich daher während einer Muße, die Versuche nach dem damaligen Stand der Dinge auszuarbeiten, und hoffe den Anachronismus, den ich jetzt, fern der Universität und ihren Hilfsmitteln, begehe, durch späteres Nachholen auszugleichen.

Der Gedanke, daß das Zusammenwirken der beiden Ohren an der Lokalisation von Schallreizen beteiligt sei, fehlt in keiner Theorie des Schallraums. Aber nicht allzu häufig ist die Art des Zusammenwirkens erwogen worden. Oft treffen wir die verfehlte Vorstellung, daß die beiden Ohren wie zwei physikalische Apparate nebeneinander stehen und nur mechanisch zusammenwirken[2]). Auf zwei Wegen läßt sich der Anteil des beidohrigen Hörens an der Lokalisation prüfen. Wir können zunächst die Erfahrungen der physiologischen und psychologischen Akustik über die Wechselwirkungen und die Unterschiede der beiden Ohren sammeln und ergänzen und sie nach

---

1) Erste Mitteilung: Der Einfluß der Intensität auf die Tiefenlokalisation. Gemeinsam mit G. F. Arps. Wundts Psych. Stud. Bd. 8. S. 226—270. 1913. — Zweite Mitteilung: Versuche mit einem monotischen Beobachter. Ebenda. S. 497—505.

2) Vgl. zur Übersicht über die Theorien mein Sammelreferat über die Lokalisation von Schallreizen in dem Bericht über den VI. Kongreß für experimentelle Psychologie 1914, S. 169—258. Auch die ferneren Hinweise auf theoretische Vorstellungen finden dort ihre Belege.

ihrer Bedeutung für die Lokalisation der Schallreize befragen. Mit diesem Zusammenwirken der beiden Ohren muß sich die Lehre von den räumlichen Gehörswahrnehmungen genau so gut beschäftigen, wie die von den räumlichen Gesichtswahrnehmungen mit den Grundlagen des binokularen Sehens. Damit ist nicht gesagt, daß diese beiden in Analogie stünden: nur das auftauchende Problem ist verwandt. Der andere Weg ist der des Experimentes. Wir verselbständigen oder verändern einzelne Bedingungen des beidohrigen Hörens im Experiment und gewinnen so einen Einblick in ihren Anteil an der Lokalisation.

I. Wechselwirkungen und Unterschiede der beiden Ohren.

Die Wechselwirkungen zwischen den beiden Ohren ordnen sich von selbst in einzelne Gruppen je nach der Grundlage, auf der sie sich erheben. Indem wir von den durch die anatomischen Grundlagen bedingten zu den rein psychologischen fortschreiten, stoßen wir zunächst auf die intrakranielle Leitung der Töne von Ohr zu Ohr (1). Als Synergien pflegt man die mannigfachen Reflexverbindungen zwischen den beiden Ohren zusammenzufassen (2). Ihnen reihen sich die rein sensoriellen Wechselwirkungen an (3). Wir fragen dann nach der Beziehung dieser Eigentümlichkeiten zur Lokalisation der Schallreize (4) und ordnen derselben Frage die Unterschiede der beiden Ohren unter (5).

1) Intrakranielle Leitung.

Sie steht zur Verhandlung seit dem berühmten Versuche Doves[1]) über die Schwebungen, die bei zwei vor die beiden Ohren verteilten Stimmgabeln unter angeblichem Ausschluß der Luftleitung von Ohr zu Ohr entstehen können. Dove selbst sah die doppelte Möglichkeit einer Erklärung. Entweder vereinigen sich die Erregungen erst im Zentralorgan oder die Schwingungen werden von Ohr zu Ohr durch die Kopfknochen geleitet. Er neigte der zweiten Annahme zu und wurde hierin durch das Ausbleiben des Kombinationstons bei Verteilung der Primärtöne an beide Ohren bestärkt[2]). Durch zahlreiche Wiederholungen und Verfeinerungen des Doveschen Phänomens wurde eine solche direkte Leitung der Schallwellen von Ohr zu Ohr

1) Dove, H. W., Nachtrag zu den Kombinationstönen. Repert. d. Physik. 3. 1839. S. 409.

2) Dove, H. W., Beweis, daß die Tartinischen Töne nicht subjektiv, sondern objektiv sind. Pogg. Ann. Bd. 107. 1859. S. 652—654.

bestätigt. Auch Fechner, der ursprünglich an eine zentrale Mischung dachte[1]), erkannte später eine Leitung durch die Kopfknochen von Ohr zu Ohr an[2]). Die neueren Untersuchungen haben sich mit großer Bestimmtheit dafür entschieden. Schaefer[3]) wies eine intrakranielle Leitung leisester Töne von Ohr zu Ohr dadurch nach, daß ein nur durch einen Resonator hörbarer Ton, der zunächst in diesen lokalisiert wurde, bei Verschluß des anderen Ohres näher an die Medianebene heranrückte. Da Luftleitung ausgeschlossen war, konnte diese Wirkung des Verschlusses nur als Verstärkung einer aus Knochenleitung herrührenden Erregung des anderen Ohres aufgefaßt werden. Später zeigte er, daß diese intrakranielle Schallfortpflanzung allgemein gilt, besonders auch für die tiefen Töne, und bezeichnet sie darum als natürliche Knochenleitung[4]). Mit dem Otomikrophon hat Mader[5]) diese Anschauung Schaefers bestätigt: Auch sehr leise dem Gehörgange zugeführte Töne werden intrakraniell geleitet. Und Frey[6]) fügt hinzu, daß diese Schallübertragung durch den knöchernen Schädel allein vermittelt wird, ohne daß die Schallleitungskette hierbei eine wesentliche Rolle spielen müßte.

2) Synergien der beiden Ohren.

Hier ist zunächst an die Binnenmuskeln des Ohres zu denken. Stricker[7]) hat am Hunde bilaterale Tensorreflexe bei Reizung des einen Ohres beobachtet. Zum Anwalt einer Theorie der binauralen Reflexe erhob sich Gellé[8]). Die zentripetalen Pressionen (pressions

1) Fechner, G. Th., Über einige Verhältnisse des binokularen Sehens. Abh. d. Königl. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. VII. 1860. Abschn. XVIII: Über einige Verhältnisse des zweiseitigen Hörens. S. 536—554.

2) Fechner, G. Th. und Preyer, W., Wissenschaftliche Briefe. 1890. S. 165f.

3) Schaefer, K. L., Ein Versuch über die intrakranielle Leitung leisester Töne von Ohr zu Ohr. Zeitschr. f. Psych. Bd. 2. 1891. S. 111—114.

4) Schaefer, K. L., Über die intrakranielle Fortpflanzung der Töne, insbesondere der tiefen Töne, von Ohr zu Ohr. Arch. f. Ohrhlkd. Bd. 52. 1901. S. 151—155.

5) Mader, L., Mikrophonische Studien am schalleitenden Apparate des menschlichen Gehörorgans. Ber. d. Wiener Akad., math.-naturw. Kl. 109 (3). 1900. S. 37—75.

6) Frey, H., Experimentelle Studien über die Schalleitung im Schädel. Zeitschr. f. Psych. Bd. 28. 1902. S. 9—41.

7) Stricker, Wiener med. Presse. 1886. S. 650. Zitiert nach Stumpf, Tonpsychologie II. 1890. S. 445.

8) Gellé, Comment agissent les pressions centripètes? Est-ce par inhibition? Ann. des malad. de l'oreil. et du lar. 11. 1885. p. 162—165.

centripètes) übertragen sich nicht durch Hemmung auf das andere Ohr, sondern diese Fernwirkungen beruhen auf echten binauralen Reflexen. Gleichzeitig und synergisch treten beim binauralen Hören die Akkommodationsbewegungen der Binnenmuskeln des Ohres in Wirksamkeit[1]). Zwar hat Bloch diese Erklärung Gellés abgewiesen, indem er nur eine Auslöschung des übergeleiteten Tons annahm[2]), aber andere Beobachtungen sprachen wieder zugunsten einer Reflexverbindung der beiden Ohren. In den Versuchen Grays[3]) steigerte ein Druck auf die Gehörknöchelchen des einen Ohres die Hörfähigkeit des anderen Ohres, ähnlich wie ein Ton beim Zuhalten des einen Ohres mit dem Finger in dem anderen lauter erscheint. Diese Wirkung soll auf dem Reflexzusammenhang zwischen den Binnenmuskeln der beiden Ohren (Tensor und Stapedius) beruhen. Ein solcher Reflexzusammenhang wird auch in den neuesten Untersuchungen angenommen von Köhler[4]) und Mangold[5]), die die traditionelle Lehre von der Akkommodation auf die Tonhöhe zu Fall bringen. In anderen Fällen mag schon eine rein sensorielle Wechselwirkung mit im Spiele sein. Urbantschitsch[6]) sah öfters nach Operationen am kranken Ohre auf der gesunden Seite eine Hörbesserung eintreten. Diese Hörbesserung läßt sich nicht als Aufhebung einer reflektorischen Kontraktion auffassen, die den Binnenmuskeln des erkrankten Ohres entspränge: Denn dieselbe Verstärkung kommt auch zustande in Fällen, in denen ein Einfluß der Muskelkontraktion nicht angenommen werden kann. Darum denkt Urbantschitsch auch an eine sensorielle Verbindung, derzufolge die Erregung der sensiblen Trigeminusfasern auf der einen Seite ganz allgemein die Erregbarkeit auf der anderen steigert.

---

1) Gellé, Des reflexes auriculaires; d'un centre réflexe oto-spinal et de son siège dans la moelle cervicale. Ann. des malad. de l'oreil, du lar., etc. 14. 1888. p. 429—457.

2) Bloch, E., Die Methode der zentripetalen Pressionen und die Diagnose der Stapesfixation. Zeitschr. f. Ohrhlkd. Bd. 25. 1894. S. 113.

3) Gray, A. A., Our perception of the direction of sound. Proc. Edinb. Roy. Soc. 24. 1897. p. 434—452. Von demselben: On the perception of the difference of phase by the two ears. Proc. Physic. Soc., London. 15. 1897. Ref. in Fortschr. d. Physik (1), 53. 1897. S. 568f.

4) Köhler, Akustische Untersuchungen I. Zeitschr. f. Psych. Bd. 54. 1910. S. 241—289.

5) Mangold, Willkürliche Kontraktionen des Tensor tympani usf. Pflüg. Arch. Bd. 149. 1913. S. 539—587.

6) Urbantschitsch, Über Wechselbeziehungen zwischen beiden Gehörorganen. Arch. f. Ohrhlkd. Bd. 35. 1893. S. 1—27.

3) Sensorielle Wechselwirkungen.

Die sensorielle Wechselwirkung besteht darin, daß die Erregung des einen Ohres als solche die Erregbarkeit des anderen steigert, besonders gegen sehr schwache Schalleindrücke, die der Empfindungsschwelle naheliegen. Le Roux[1]) führte durch Bewegungen einer Stimmgabel, die für sich allein nicht mehr gehört wurde, Intensitätsschwankungen herbei, und diese wurden sofort hörbar, wenn er vor das andere Ohr eine laut klingende Gabel hielt. Ähnlich fand Tarchanow[2]), als er den beiden Ohren je einen subliminalen Reiz zuführte, eine gegenseitige Verstärkung, indem jedesmal ein schwacher aber doch deutlicher Ton gehört wurde. Zu demselben Ergebnis gelangten Preyer[3]), Urbantschitsch[4]) und Bloch[5]). Von Urbantschitsch stammen ferner Beobachtungen über die Beteiligung solcher unterschwelliger Erregungen an einem subjektiven Hörfelde[6]). Trat nämlich eine für sich unterschwellige Empfindung des einen Ohres hinzu, so wanderte das bei getrennter Zuleitung des Tones zu den beiden Ohren entstandene Hörfeld aus dem anderen Ohre heraus, während einer Zeit von 1″ bis 3″, die auf das An- und Abklingen der schwachen Empfindung schließen lassen soll. Auch der Einfluß einer solchen unmerklichen Empfindung auf die Stärke einer Empfindung des anderen Ohres stellte sich heraus[7]). Bei Zuleitung des Schalls mit einem gegabelten Schlauch wurde z. B. der rechte Zweig so weit geschwächt, bis nur noch mit dem linken Ohre gehört wurde. Bei Unterbrechung der linken Leitung verschwand also jede Schallwahrnehmung. Trotzdem ist das rechte Ohr beteiligt. Denn bei Abklemmung des rechten Schlauches ist der Ton links schwächer und rückt weiter in das Ohr hinein. Beim Öffnen

1) Le Roux, F. P., Sur les perceptions binauriculaires. Compt. rend. 80. 1875. p. 1073—1076.

2) Tarchanow, Das Telephon als Anzeiger der Nerven- und Muskelströme beim Menschen. St. Petersburger med. Wochenschrift 1878, Nr. 43. S. 353f.

3) Preyer, Die akumetrische Verwendung des Bellschen Telephons. Sitzungsber. d. Jenaischen Ges. f. Med. u. Naturwissensch. 1879. S. 45—49.

4) Urbantschitsch, Über die Wechselwirkungen der innerhalb eines Sinnesgebiets gesetzten Erregungen. Pflüg. Arch. Bd. 31. 1883. S. 280—309.

5) Bloch, E., Das binaurale Hören. Zeitschr. f. Ohrhlkd. Bd. 24. 1893. S. 25—85.

6) Urbantschitsch, V., Zur Lehre von der Schallempfindung. Pflüg. Arch. Bd. 24. 1881. S. 574—595.

7) A. a. O., vgl. S. 74, Anm. 6.

des rechten Schlauches aber wandert das subjektive Hörfeld mehr in die Mitte des Kopfes. Diese gemeinhin angenommene Verstärkung unterschwelliger Erregungen beim beidohrigen Hören ist nicht unbestritten geblieben. Ich nenne hier nur das Ergebnis Stumpfs[1]), der mit derselben Versuchsanordnung wie Tarchanow und Preyer das schroffe Gegenteil, nämlich durchaus keine Verstärkung der subliminalen Reize fand.

Derselbe Streit der Meinungen setzt sich in der Frage fort, wie sich im allgemeinen die Stärke monotischer und diotischer Töne verhalte. Diotisch soll ein Schall lauter klingen als monotisch. Aus der Größe der monotischen und diotischen Reizschwelle wollte Docq[2]) berechnen, daß das diotische Hören dem monotischen bis zu 3,1 überlegen sei. Zutrauen kann aber seine Messung aus den von Stumpf[3]) angegebenen Gründen nicht beanspruchen. Le Roux[4]) suchte ebenfalls nach einem genaueren Ausdruck für die binaurale Verstärkung. Bei einer monotischen Empfindung s, die den beiden Ohren gemeinsam ist, soll der diotische Effekt $= 2\,s^2$ zu setzen sein. Das sind ziemlich willkürliche Annahmen: Andere, wie Bloch[5]) und Urbantschitsch[6]) haben sich damit beschieden, daß überhaupt das diotische Hören dem monotischen überlegen ist, während Melati[7]) nur bei den geringsten Intervallen eine leichte Verstärkung zuläßt. Zu dem entgegengesetzten Resultat gelangte Stumpf[8]). Sowohl bei qualitativ verschiedenen wie bei hinreichend übereinstimmenden Tönen fand eine eigentliche Verstärkung beim beidohrigen Hören nicht statt. Aus den Kreisen der Ohrenärzte sprach sich Bing[9]) gegen die binaurale Verstärkung aus: Die Größe der Wahrnehmung

1) Stumpf, C., Tonpsychologie. Bd. 2. 1890. S. 439.

2) Docq, A. J., Recherches physico-physiologiques sur la fonction collective des deux organes de l'appareil auditif. Mémoires couronnés par l'acad. de Bruxelles. 34. 1870. p. 1—39.

3) A. a. O., S. 435f.

4) Le Roux, F. P., Sur les perceptions binauriculaires. Gaz. hebdom. de Méd. et de Chirurg. 1875, 7. Mai, No. 19. p. 266. Zitiert nach Bloch, a. a. O., S. 25.

5) A. a. O., vgl. S. 75, Anm. 5.

6) A. a. O., vgl. S. 75, Anm. 4.

7) Melati, G., Über binaurales Hören. Philos. Stud. Bd. 17. 1901. S. 431—461.

8) A. a. O., S. 432.

9) Bing, A., Zum Gelléschen Versuch (Pressions centripètes). Monatsschr. f. Ohrhlkd. Bd. 33. 1899. S. 149—156.

hängt nur von der Intensität und Summe der zugeführten und funktionell verwerteten Impulse ab.

Endlich bietet die pathologische Erfahrung Fälle, in denen eine Schwächung eintritt. Politzer[1]) fand sie bei einseitig Schwerhörigen in Gestalt einer Verdrängung von Schallempfindungen. Auch das Alternieren der Hörfunktion gehört hierher (Urbantschitsch[2]). Alt[3]) brachte das Verschwinden eines schwächeren Schalls bei Einwirkung eines stärkeren in Analogie zu der Unterdrückung des geringeren Schmerzes durch den stärkeren, aber Stenger[4]) bestritt diese Analogie für getrennte Zuleitung des Schalls zu den beiden Ohren. Vielmehr verschmelzen bei gleicher Qualität und Intensität die Schallwahrnehmungen miteinander, bei ungleichen Empfindungen aber dient die des schwächeren Ohres zur Verstärkung der Gesamtempfindung, die nun einseitig lokalisiert wird. Aus seiner wertvollen Literaturübersicht gewann Rostosky[5]) eine einheitliche Auffassung dieser Erscheinungen, indem er sie in Parallele setzte zu der Verstärkung oder Schwächung gleichzeitig monotisch gehörter Töne, die durch deren qualitativen Abstand bedingt ist. Dann sind es in beiden Fällen Wechselwirkungen der in Funktion befindlichen Organe, im ersten Falle solche, die die Reizaufnahme begünstigen, im zweiten solche, die sie hemmen.

Für den Anteil des beidohrigen Hörens an der Lokalisation ist vor allem die Entscheidung darüber wichtig, wie sich die diotische Wahrnehmung nicht gerade bei qualitativ verschiedenen Tönen, sondern bei dem gewöhnlichen Hören zu der monotischen verhalte. Muß doch jeder Versuch, irgendwelche Unterschiede der Erregungen in den beiden Ohren zu Lokalisationsmerkmalen zu erheben, auch von der Zusammensetzung der Gesamterregung aus diesen beiden Bestandteilen Rechenschaft geben. Ich suchte daher durch Experimente der folgenden Art die Sachlage zu erhellen. Ein Wechsel zwischen diotischem und vorwiegend monotischem Hören läßt sich

1) Politzer, A., Untersuchungen über Schallfortpflanzung und Schallleitung im Gehörorgane im gesunden und kranken Zustande. II. Über Schallleitung durch die Kopfknochen. Arch. f. Ohrhlkd. Bd. 1. 1864. S. 318—352.

2) A. a. O., vgl. S. 74, Anm. 6.

3) Alt, Sitzungsber. der Wiener otologischen Gesellschaft. Zentralbl. f. Ohrhlkd. Bd. 2. Nr. 8. 1904. S. 370.

4) Stenger, Zur Theorie des binauralen Hörens. Zeitschr. f. Ohrhlkd. Bd. 48. 1904. S. 219—226.

5) Rostosky, P., Über funktionelle Beziehungen zwischen beiden Gehörorganen. Beitr. z. Psych. u. Philos., her. v. Martius. Bd. 1. 1905. S. 172 bis 273, vor allem S. 235.

erzeugen, indem man einen Schall durch zwei getrennte Telephone in ein stilles Zimmer leitet[1]). Als Schallquelle diente eine elektromagnetische Stimmgabel ($n = 384$), deren Stromschwankungen ein laut klingendes Telephon erregten. Die Stärke dieses Tones wurde durch Widerstände in dem Stromkreis des Telephons variiert. Dicht neben diesem, den Schall erzeugenden Telephon standen zwei Mikrophone. Diese waren einzeln nach zwei Telephonen abgeleitet, an denen im entfernten Zimmer der Beobachter hörte. Der Kopf ruhte auf einer Kinnstütze, dicht vor den Ohren, aber ohne sie zu berühren, waren die beiden Hörtelephone auf Stativen angebracht. Ich vermied eine Berührung des Telephons mit Ohrmuschel oder Schädel, weil dann beim Hören mit nur einem Telephon das andere Ohr durch die Kopfknochenleitung stärker in Miterregung gezogen worden wäre, als wenn der Schall von der Membran des Telephons bloß durch Luftleitung ausgehen konnte. Es näherten sich also damit die Bedingungen des Hörens denen einer getrennten Zuführung von Schallreizen zu den beiden Ohren, die nach dem Vorschlage Stumpfs als dichotisches Hören bezeichnet werden.

Der Beobachter hatte nun die Tonstärken beim Hören an einem und an beiden Telephonen zu vergleichen. Im Anfang war dies durch die verschiedene Erscheinungsweise der Töne erschwert. Der mit einem Telephon gehörte wurde meist dicht vor das Ohr lokalisiert, der mit zwei Telephonen gehörte erschien in bekannter Weise in einem subjektiven Hörfeld in der Regel auf der Verbindungslinie der beiden Ohren im Innern des Schädels. Damit paarten sich Unterschiede des scheinbaren Volumens. Im zweiten Falle erschien der Ton größer als im ersten. Aber diese etwas befremdenden Bedingungen waren bald überwunden. Es wurde nun der Unterschied in der objektiven Stärke der Schallquelle so lange abgestuft, bis der mit zwei Telephonen gehörte leisere Ton genau so stark vernommen wurde, als der mit einem Telephon gehörte stärkere. Nach Ausschaltung der Zeitlage und der Raumlage ergab sich als Mittelwert von zwei Beobachtern, die unter sich nur wenig abwichen, daß die Stromstärke in dem Schallgeber 7,1 Milliampère betragen mußte, wenn der Ton monotisch gleich laut gehört werden sollte, wie ein dichotischer von 0,7 Milliampère. In Ermangelung physikalischer Hilfsmittel zur Messung der hierzu gehörigen Schallstärken, wurde eine subjektive Eichung mit Hilfe einer konstant angeschlagenen und nach der be-

1) Einen Überblick über das Zusammenwirken der Apparate gibt die weiter unten zu besprechende Fig. 2.

kannten Exponentialfunktion frei ausschwingenden Stimmgabel (n = 384) vorgenommen. Daraus ergab sich das Verhältnis des schwächeren zu dem stärkeren Tone bei den angegebenen Stromstärken zu 1 : 4. Bleibt diese Messung auch hinter der Genauigkeit einer physikalischen zurück: darüber kann kein Zweifel bestehen, daß die beim dichotischen Hören entstehende Intensität nicht etwa die Summe der mit den einzelnen Ohren gehörten Intensitäten ist, sondern daß sie diese merklich übertrifft. Bei einem bloß mechanischen Zusammenwirken der beiden Ohren hätte das Verhältnis der Schallstärken annähernd 1 : 2 sein müssen. Die Abweichung hiervon beweist eben, daß wir mit dem mechanischen Zusammenwirken nicht auskommen. Damit ist natürlich noch nicht entschieden, ob eine Steigerung der Intensität auch bei Fernhaltung der qualitativen und räumlichen Verschmelzung eintritt, wenn also den beiden Ohren verschiedene Töne auf getrennten Wegen zugeleitet werden. Doch hat dieser Fall für das Verhalten des Gehörorgans bei der gewöhnlichen Lokalisation sichtlich keine Bedeutung. Dieselbe Steigerung war übrigens auch vorhanden, wenn nicht, wie in den bisher geschilderten Versuchen, die Schallmasse von verschiedenen Punkten her auf die beiden Ohren verteilt wurden, sondern die beiden Telephone an ein einziges, den Schall aufnehmendes Mikrophon angeschlossen waren. Hier wurden die Schallstärken als gleich beurteilt, wenn bei monotischem Hören ein Strom von 2,1 Milliampère und bei dichotischem von 0,3 Milliampère den Schallgeber erregte. Das Intensitätsverhältnis blieb also dem vorigen gleich. Der Versuch lehrt, daß jene Steigerung mit der räumlichen Verteilung des Schalls auf zwei aufnehmende Mikrophone nichts zu tun hat.

Gewiß handelt es sich bei diesem Versuch nicht um eine vollständige Scheidung des diotischen und des monotischen Hörens, sondern nur um eine Annäherung. Aber jene Teilintensität bei einem rein monotischen Hören, die experimentell bei einem gesunden Hörorgan niemals zu erreichen ist, müßte doch eher als noch geringer vorausgesetzt werden. Das Überwiegen der Gesamtintensität über die Summe der Einzelintensitäten steht also außer Frage. Es findet tatsächlich eine Steigerung statt. Man wird vielleicht einwenden, daß die vorhin genannten Schwierigkeiten des Vergleichs den intrakraniell lokalisierten Ton über Gebühr laut erscheinen lassen könnten, daß die Vorstellung des scheinbaren Volumens mitgewirkt hätte u. a. Demgegenüber muß ich aber nach meinen Erfahrungen behaupten, daß die Vergleiche sich wirklich auf die Intensität bezogen. Uns selbst kam bei Beginn der Versuche der Unterschied erstaunlich groß

vor, und wir überzeugten uns möglichst sorgfältig von seiner Gültigkeit.

Neben der Intensität nehmen auch die übrigen Merkmale der Schallempfindung an dem Unterschied des einohrigen und des zweiohrigen Hörens teil. Dies hat sich zahlreichen Beobachtern aufgedrängt. Der diotische Ton klingt voller und reiner, einem Orgelton ähnlich (Urbantschitsch[1]), während der monotische dagegen dünn klingt (Bloch[2]). Rostosky[3]) suchte diese Erscheinungen aus Interferenzen der beiderseitigen Erregungen zu verstehen, die die Partialtöne verschiedener Ordnung in verschiedenem Grade beträfen.

4) Beziehungen zur Lokalisation.

Wir denken an die wichtigsten Tatsachen zurück, die als Eigentümlichkeiten des beidohrigen Hörens angesprochen werden müssen: an die Verbindung der beiden Ohren durch intrakranielle Leitung, an die Synergien der Binnenmuskeln, an die rein sensorielle Beziehung, die zu einer Verstärkung, gelegentlich auch zu einer Schwächung führt, an die Steigerung der Intensität und den Zuwachs an qualitativen Färbungen beim dichotischen Hören. Alle diese Tatsachen wehren eine Auffassung ab, für die das Zusammenwirken der beiden Ohren in einer Summierung der beiderseitigen Erregungen erschöpft ist. Dann aber haben wir uns in ähnlicher Weise auch die räumlichen Leistungen gesteigert zu denken. Ich möchte hier an einen verwandten Fall bei den räumlichen Gesichtswahrnehmungen erinnern. Die stereoskopische Sehschärfe ist erheblich feiner als die kleinste Raumgröße, die ein Auge für sich noch zu unterscheiden vermag. Könnte nicht in ähnlicher Weise das diotische Hören eine Steigerung der Raummerkmale, z. B. derer der Richtungsauffassung, mit sich führen, über die das monotische Hören verfügt? Eine solche Steigerung wäre denkbar, auch ohne die einstweilen noch etwas phantastische Annahme einer akustischen Parallaxe. Sie läßt uns zugleich jene Tatsache in einem neuen Lichte erscheinen, daß zum Unterschied von anderen Sinnesorganen sich die Teilerregungen der beiden Ohren, deren Unterschiede doch in jeder Theorie des Schallraums eine Rolle spielen, niemals getrennt herstellen lassen. Beim Sehen können die verschiedenen Netzhautbilder in den beiden Augen ohne weiteres für sich hervorgebracht werden, erst recht treten

1) A. a. O., vgl. S. 75, Anm. 4.
2) A. a. O., vgl. S. 75, Anm. 5.
3) A. a. O., vgl. S. 77, Anm. 5.

beim Tasten die einzelnen Eindrücke, die sich zu einer zusammengesetzten Tastwahrnehmung vereinigen, sehr häufig auch für sich auf. Beim Hören dagegen gibt es keine auf das eine Ohr beschränkte Erregungen — nicht nur wegen der Eigentümlichkeiten der Luftleitung, sondern auch aus dem tieferen Grunde, den wir jetzt kennen, eben wegen der geschilderten Wechselwirkungen. Das Bild einer aus den zwei etwas verschiedenen Einzelerregungen in den beiden Ohren zusammengesetzten Wahrnehmung arbeitet also mit einer Abstraktion: es enthält Bestandteile, die sich zwar theoretisch fordern, aber niemals als selbständige Einzeldinge in der Erfahrung nachweisen lassen.

Eine andere Beziehung des binauralen Hörens zur räumlichen Auffassung können wir an eine weit zurückliegende Beobachtung Webers[1]) anknüpfen. Dieser wurde auf die verschiedene Wahrnehmung aufmerksam, die man von zwei Taschenuhren mit verschiedenem Rhythmus erhält, wenn man sie entweder beide vor ein Ohr hält oder vor die beiden Ohren verteilt. Im ersten Falle nimmt man den aus dem abwechselnden Zusammentreffen und Auseinanderfallen hervorgehenden Rhythmus wahr, während im zweiten der Eindruck ganz anders ist. Fechner[2]) erkannte es als eine Fähigkeit der Aufmerksamkeit bei diesem Weberschen Taschenuhrversuch durch willkürliche Lenkung im binauralen Hören die einzelnen Uhren für sich zu isolieren, und verflocht diese Erscheinung in eine Reihe von Analogien zwischen dem binokularen Sehen und dem zweiseitigen Hören. Dem Einfachsehen mit korrespondierenden Netzhautpunkten entspricht das Einfachhören mit zwei Ohren. Der Verschiedenheit zwischen einer Reizung korrespondierender Netzhautpunkte und mehrfacher Reizung einer identischen Netzhautstelle entspricht der in diesem Taschenuhrenversuch zutage tretende Unterschied des diotischen und monotischen Hörens. Außerdem spricht der Webersche Versuch dafür, daß die Endigungen der beiden Hörnerven im Gehirn irgendwie getrennt bleiben[3]). Fechner legte aber sofort auch den Finger auf die Stelle, an der die Analogie zwischen dem binokularen Sehen und dem zweiohrigen Hören aufhört. Die beiden Ohren haben nämlich unterscheidende »Lokalgefühle«, die Augen dagegen nicht.

1) Weber, E. H., Der Tastsinn und das Gemeingefühl. Wagners Handwörterbuch III, 2. 1846. S. 489.

2) A. a. O., vgl. S. 73, Anm. 1.

3) Fechner und Preyer, a. a. O., vgl. S. 73, Anm. 2.

5) Unterschiede der beiden Ohren.

Die Unterscheidbarkeit der Eindrücke des linken und des rechten Ohres ist als eine besondere Tatsache anzuerkennen. Es müssen, um mit Stumpf zu reden, irgendwelche Momente *p q* angenommen werden, die die Tonempfindung des einen Ohres von der des anderen scheiden. Paart sich nun mit dieser aus dem Wesen des Schallraums geforderten Unterscheidbarkeit sonst irgendeine Asymmetrie in den Leistungen des Gehörorgans? Das ist die interessante Frage, zu deren Beurteilung die folgenden Erfahrungen heranzuziehen sind.

Zunächst stimmt die Hörschärfe der beiden Ohren auch in normalen Fällen nicht völlig überein, sondern die meisten Menschen hören nach den Beobachtungen Fechners[1]) mit dem linken Ohre besser als mit dem rechten. In einer ähnlichen Untersuchung fand Schmick[2]), daß die Bevorzugung der rechten oder linken Seite gleichmäßig für den Gesichtssinn und Gehörsinn galt. Auch von qualitativen Unterschieden der Tonempfindung des rechten und linken Ohres berichtet Fechner. Manche Vpn. gaben Unterschiede der Tonhöhe und der Klangfarbe an (»heller«, »klarer«). Beim Stimmen nach einer Normalgabel, die bald vor das rechte, bald vor das linke Ohr gehalten wurde, bemerkte Fessel[3]), daß er auf dem rechten Ohre etwas höher hörte, und fand dieselbe Erscheinung bei den meisten Menschen wieder. Den durchschnittlichen Betrag des Höhenunterschiedes schätzt Titchener[4]) für eine Gabel von 528 Schwingungen bei sukzessiver Darbietung auf etwa 4 Schwingungen, bei simultaner auf das Drei- bis Vierfache davon. Man muß also rechts eine um so viel tiefer gestimmte Gabel darbieten, um den Eindruck subjektiver Gleichheit zu erzielen.

Bei einer Nachprüfung ließ ich die rechts und links einzeln gehörten Töne nach den Erfordernissen der psychophysischen Methodik systematisch vergleichen. Die Schwierigkeiten, die sich der isolierten Erregung nur eines der beiden Gehörorgane entgegensetzen, sind aus den Versuchen über dichotische Schwingungen u. a. bekannt. Selbst

1) Fechner, G. Th., Über die ungleiche Deutlichkeit des Gehörs auf linkem und rechtem Ohre. Pogg. Ann. Bd. 111. 1860. S. 500—509.

2) Schmick, H., Ein Wissen für einen Glauben. 1878. S. 49. Zit. nach Stumpf, Tonpsychologie I. S. 364.

3) Fessel, F., Über die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres für Höhe und Tiefe der musikalischen Töne. Pogg. Ann. Bd. 111. 1860. S. 189 bis 191, S. 510f.

4) Titchener, E. B., Experimental psychology. Vol. I, part II. 1901. p. 61.

wenn man die Luftleitung von einem Ohre zum anderen durch die Art der Zuleitung und die Beschränkung auf sehr leise Töne nach Möglichkeit umgangen hat, findet immer noch jene intrakranielle Leitung statt (vgl. S. 72). Indes genügt es für unsere Frage, wenn wenigstens das eine Ohr erheblich stärker erregt wird als das andere. Gelangt auf diese Weise ein Unterschied in der Höhenempfindung zur Beobachtung, so kann man daraus auf einen wahrscheinlich etwas größeren Unterschied in der Stimmung der beiden Ohren selbst schließen. Ich habe mich deswegen damit begnügt, die Stimmgabeln, die zu den Versuchen dienten, in möglichst gleichförmiger Weise vor das linke oder das rechte Ohr des Beobachters zu bringen. Die Gabeln wurden mit einer mechanischen Anschlagevorrichtung in der freien Luft angeschlagen, wobei sie für den Beobachter noch nicht hörbar waren, und dann rasch an das Ohr herangeführt. Als Normalgabel diente, wie bei Titchener, eine Stimmgabel von 528 Schwingungen. Die Vergleichsgabel ließ sich mit Laufgewichten um je zwei Schwingungen abstufen. Sie wurde vor dem Versuche auf die gewünschte Stufe eingestellt, und dann, genau so angeschlagen wie die Normalgabel, nach einer gleichbleibenden Pause dem anderen Ohre dargeboten. Diese Abstufung von zwei Schwingungen erwies sich als fein genug zur Bestimmung der Unterschiedsschwelle und des Schätzungswertes. Lehrten ja schon die ersten Versuche, daß die Sicherheit der Tonhöhenunterscheidung durch die Verteilung der Schallquellen an die beiden Ohren merklich verringert ist. Besonders der Vergleich von rechts nach links wurde von manchen Beobachtern als schwierig bezeichnet. Es mag sein, daß die leichtere Richtung links nach rechts durch den gewohnten Verlauf der Aufmerksamkeit in dieser Richtung beim Lesen und Schreiben ausgezeichnet ist.

Im einzelnen waren die Versuche nach der Methode der Vollreihen angelegt. Jeder Beobachter lieferte zwei Vollreihen; in der einen lag der Normalton vor dem linken, in der anderen vor dem rechten Ohre. Diese Vertauschung war notwendig, um den Einfluß der Zeitlage zu eliminieren, der in diesem Zusammenhange nicht weiter interessiert. Je nach dem Grade der musikalischen Begabung enthielt eine Vollreihe 25—50 Einzelversuche. Bei den weniger musikalischen waren im allgemeinen mehr Versuche erforderlich, um die Grenzen zu finden, jenseits deren der Vergleichston mit Sicherheit als tiefer oder höher erkannt wurde, und dann noch innerhalb dieses Gebietes zur Ermittelung des Schätzungswertes hinreichend abzustufen. Im Laufe von 1914 habe ich insgesamt 20 Mitglieder des psychologischen Instituts untersucht; siehe Tab. 1. Zunächst handelt

es sich in A um 15 deutsche Vpn., I—XV, die nach der Größe des gefundenen Unterschiedes angeordnet sind. Unter D steht für jede Vp. die Differenz zwischen den Tönen, die links und rechts gleich er-

Tabelle 1.

A. Deutsche.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
D:	—5,3	— 4,1	— 3,6	— 2,7	— 1,2	— 1,0	— 0,5	— 0,5	— 0,3	+ 0,1	+ 0,2	+ 0,5	+ 1,6	+ 1,7	+ 1,

B. Ausländer.

XVI, Franzose	XVII, Rumäne	XVIII, Japaner	XIX, Kroate	XX, Finnländer
D: — 2,3	+ 0,1	+ 1,2	+ 1,5	+ 3,0

schienen, ausgedrückt in Schwingungszahlen und deren Bruchteilen. Ist diese Differenz positiv, so mußte dem linken Ohr ein höherer Ton dargeboten werden, damit er dem rechten gleich erschien. Das rechte Ohr hört also in diesem Falle höher als das linke. Ist die Differenz negativ, so kehren sich die Verhältnisse um. In B sind die entsprechenden Zahlen für fünf Ausländer (XVI—XX) angegeben. In Fig. 1 ist die Häufigkeitskurve der auftretenden Unterschiede für alle 20 Vpn. entworfen.

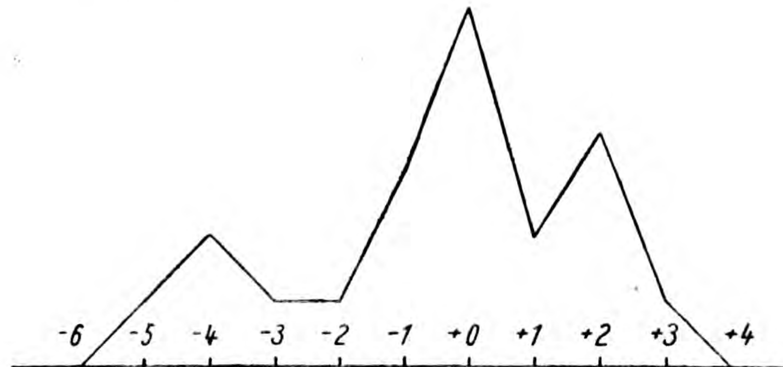


Fig. 1. Häufigkeitskurve für die Unterschiede in der Stimmung des rechten und des linken Ohres.

Das Bild dieser Zahlenreihen ist nicht einheitlich. Bei der Mehrzahl der deutschen Vpn. hört das linke Ohr höher, bei den Ausländern das rechte, im Durchschnitt kann von einer herrschenden Richtung des Unterschieds nicht gesprochen werden, vgl. Fig. 1.

Auch die absolute Größe des Unterschiedes ist starken Schwankungen unterworfen. Die kleinen Unterschiede kommen, wie bei jeder Streuung, häufiger vor als die großen (vgl. Fig. 1), aber eine besondere Regel für die Schwankungen ließ sich nicht entdecken. Die Altersstufen, von 21—32 Jahren, führten zu keiner Ordnung der Differenzen. Ich prüfte auch eine etwaige Zuordnung zu der Unterschiedsschwelle für Tonhöhen. Diese verhielt sich in den extremen Fällen einzelner Beobachter zueinander wie 1 : 4, es schieden sich also sehr deutlich musikalische und unmusikalische. Aber weder in der Größe noch in der Richtung der Differenz trat eine Beziehung zu der Größe der Unterschiedsschwelle zutage. Immerhin lehren diese Zahlen, daß eine Differenz der beiden Ohren, die den von Titchener angegebenen Betrag erreicht, nicht allzu häufig vorkommt, während anderseits das Vorhandensein kleiner Unterschiede von ein bis zwei Schwingungen durchaus als Regel angesprochen werden muß. Einer Anregung von Révesz folgend, der auffallendere Unterschiede der beiden Ohren bei höheren Tönen fand, habe ich einige Reihen auch mit einer Stimmgabel von 1028 Schwingungen ausgeführt. Bei Vp. VII stieg die Differenz unter diesen Umständen von — 0,5 auf — 2,3 Schwingungen, bei Vp. XVIII von + 1,2 auf + 5,8 Schwingungen und bestätigte damit jene Erwartung. Die Tatsache einer solchen verschiedenen Stimmung beider Ohren zueinander legt der Tonpsychologie eine Reihe wichtiger Fragen vor, so etwa die, warum man unter diesen Umständen normalerweise nicht doppelt hört[1]). Für unsere Aufgabe genügt es, diesen Unterschied der Höhenempfindung überhaupt zu kennen und ihn als einen erfahrungsmäßigen Beleg für die Asymmetrie des Gehörorgans festzuhalten.

Auch bei der Bestimmung der oberen Hörgrenze kam schon früher ein Unterschied zwischen den beiden Ohren zur Beobachtung. Lawson Tait[2]) fand unter Verwendung von Galtonpfeifen die Hörgrenze des rechten Ohres bei höheren Werten als die des linken. An Angehörigen verschiedener Rassen, Indianern aus Nord- und Südamerika, Negern aus dem Kongogebiet u. a., hat Bruner[3]) vergleichende Gehörsprüfungen angestellt, die gleichfalls die obere Hörgrenze für das rechte Ohr höher hinaufrückten als für das linke.

1) Vgl. zu dieser Frage v. Liebermann und Révesz, Zeitschr. f. Psych. Bd. 63. S. 305.

2) Lawson Tait, Galtons Whistles. Nature. 15. 1877. p. 294.

3) Bruner, F. G., The hearing of primitive peoples. Arch. of Psychol. 11. 1908. Nach Ref. von M. Meyer in Zeitschr. f. Psych. Bd. 53. 1909. S. 380f.

Doch spricht der Autor seinen Versuchen keine besondere Beweiskraft zu, da Individuen sehr verschiedenen Alters miteinander verglichen wurden. Auch hatte das rechte Ohr gegenüber dem linken die größere Hörschärfe — also umgekehrt wie in den älteren Fechnerschen Beobachtungen. Als Ursache eines solchen Unterschiedes der Hörempfindung auf beiden Ohren dachte sich Urbantschitsch[1]) eine verschieden starke Schallzuleitung oder ein stärkeres Hervortreten der Obertöne. Für Knochenleitung soll in solchen Fällen der subjektive Tonunterschied nicht bestehen.

Noch ein drittes Merkmal der Tonerregung könnte Asymmetrien in sich bergen: die Anstiegszeit. Nach Urbantschitsch[2]) ergeben sehr schwache Schallreize im linken und rechten Ohre nicht immer die gleiche Zeit des Anklingens. Bei Schwerhörigen steigerte sich dieser Unterschied bis zu 10″. Möglicherweise soll auch die diplacusis echotica mit dem verlangsamten Anklingen auf dem einen Ohre zusammenhängen[3]).

An den Schluß dieser Aufzählung möge die Frage rücken, die einst Mach[4]) stellte, angesichts der Ergebnisse Fessels und Fechners: Sollte die Natur durch absichtliche Asymmetrie des Körpers Lokalzeichen für rechts und links ermöglicht haben? Auch außerhalb des empiristischen Gedankenkreises behält die Asymmetrie des Gehörorgans ihre Bedeutung für das Zusammenwirken der beiden Ohren bei der Lokalisation. So sehr auch die Forderung nach jenen unterscheidenden Momenten $p\,q$ bestehen bliebe, wenn sich in der Erfahrung nicht die leiseste Spur von Unterschieden der akustischen Leistungen entdecken ließe: daß sie tatsächlich vorhanden sind, darf füglich von keiner Theorie mehr übersehen werden.

II. Experimentelles über den Anteil des beidohrigen Hörens an der Lokalisation.

An diese allgemeinen Erfahrungen über die Wechselwirkungen und Unterschiede der beiden Ohren schließe ich die Mitteilung einer Reihe von Versuchen über den Anteil des beidohrigen Hörens. Es handelte sich dabei zunächst um den binauralen Intensitätsunterschied (1)

1) Urbantschitsch, V., Lehrb. d. Ohrenheilkunde⁴. 1901. S. 48.

2) Urbantschitsch, V., Über das An- und Abklingen akustischer Empfindungen. Pflüg. Arch. Bd. 25. 1881. S. 323—342.

3) Urbantschitsch, V., Lehrb. d. Ohrenheilkunde⁴. 1901. S. 23.

4) Mach, E., Über einige der physiologischen Akustik angehörige Erscheinungen. Wiener Akademieberichte. Bd. 50. II. 1864. S. 342—362.

und seinen Anteil an der Lokalisation (2). Einen weiteren Einblick gewährt eine künstliche Umkehrung des Intensitätsunterschieds, die sich in Versuchen mit akustischer Kreuzung herstellen läßt (3). Ferner entspringen räumliche Wahrnehmungen aus dem binauralen Zeitunterschied der Erregungen (4). Endlich lassen sich diese Einflüsse in der binauralen Entfernungsauffassung verfolgen (5).

1) Der binaurale Intensitätsunterschied.

Unter allen Eigentümlichkeiten des beidohrigen Hörens ist der Intensitätsunterschied der Erregung im linken und rechten Ohr am häufigsten für die Erkennung von Richtungen und Richtungsunterschieden verantwortlich gemacht worden. Die Genauigkeit der Richtungserkennung ist aber nachweislich größer, als sie es nach der

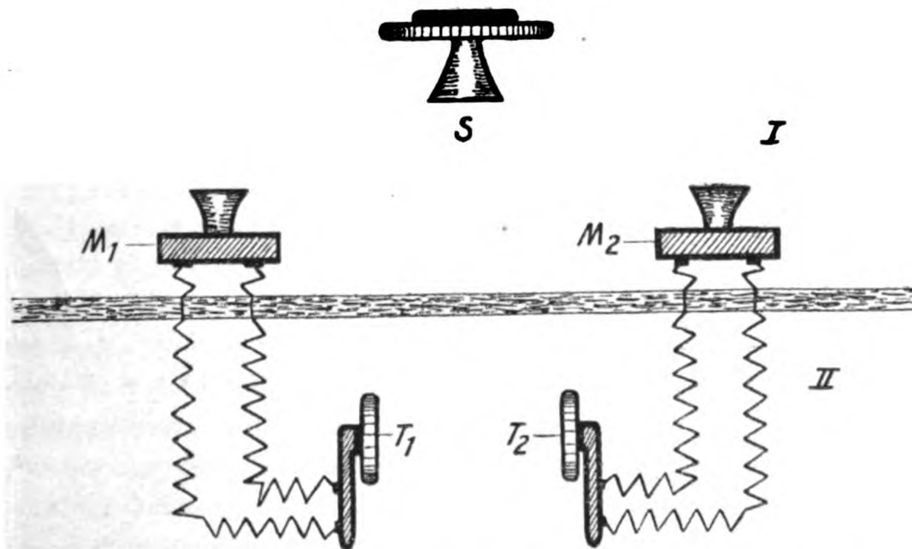


Fig. 2. Versuchsanordnung zur künstlichen Variation des binauralen Hörens.

Intensitätstheorie sein dürfte, solange man die gewöhnliche Unterschiedsempfindlichkeit für Schallintensitäten zum Anhalt nimmt. Man mußte also notgedrungen entweder ergänzende Lokalisationsmerkmale oder eine erheblich größere Empfindlichkeit für die Unterschiede der Erregungsstärken in den beiden Ohren annehmen. Es erschien mir darum unerläßlich, die Leistungen der Richtungsauffassung beim beidohrigen Hören und die des Intensitätsvergleichs unter denselben Bedingungen zahlenmäßig zu ermitteln. Ich benutzte dazu die oben (vgl. S. 78) geschilderten Apparate, deren Zusammenwirken sich an der Skizze der Versuchsanordnung in Fig. 2 übersehen läßt. Im

Raume I befindet sich die Schallquelle S. Im Abstande von 1 m sind symmetrisch zu ihr die beiden Mikrophone M_1 und M_2 0,7 m voneinander entfernt aufgestellt. Sie waren jedes für sich an einem Stativ so befestigt, daß sich der Schallbecher in Ohrenhöhe eines sitzenden Beobachters befand. Die beiden Mikrophone sind nach den beiden Telephonen T_1 und T_2 in dem Raume II abgeleitet, in dem der Beobachter zwischen den beiden Hörern sitzt. Der Schallreiz selbst bestand in einem einige Sekunden hindurch gleichförmig andauernden Ton ($n = 384$). Von der Verwendung von Momentanreizen wurde zunächst abgesehen, um den Einfluß des Zeitunterschiedes im Anlegen der Schallwellen im rechten und linken Ohre zu unterdrücken. An einer Skala, die in der Figur nicht mitgezeichnet ist, konnte die Schallquelle S parallel zu der Verbindungslinie der beiden Mikrophone im Raume I verschoben werden. Außerdem lagen in den Stromkreisen von M_1 und M_2 Stromschlüssel, mit denen beliebig die eine oder andere Leitung ausgeschaltet werden konnte.

In einer ersten Gruppe von Versuchen wurden die eben merklichen Abweichungen der Schallquelle S aus der Medianebene beim Hören mit zwei Telephonen aufgesucht. Bei der Stellung der Schallquelle, wie sie in Fig. 2 gezeichnet ist, lokalisierte der Beobachter, der auf beiden Ohren normal hörte, den Ton in die Medianebene, und zwar meistens intrakraniell. Rückte die Schallquelle in kleinen Stufen z. B. nach rechts, so wurde eine Stellung erreicht, bei der das Telephon T_2 gerade um so viel anders klang als T_1, daß der Schall die Medianebene verließ und nach dem rechten Ohre zu wanderte. Dabei war es also nicht nötig, in jedem Versuche nacheinander zwei Schallrichtungen zu vergleichen: sondern es wurde nur einmal, bei irgendeiner dem Beobachter natürlich unbekannten Stellung von S, der Schall hervorgebracht und das Urteil nach den drei Kategorien »links, Mitte, rechts« abgegeben. Ich fand auf diese Weise die Schwelle für Abweichungen aus der Medianebene zu 6,9 cm, d. h. also, der in diesem Falle intrakraniell lokalisierte Schall rückte dann eben merklich aus der Medianebene heraus, wenn die Schallquelle um 6,9 cm parallel zu der Verbindungslinie der beiden Mikrophone verschoben worden war. Das bedeutet eine Abweichung von rund 4°. Diese Zahl erinnert zwar an die gewöhnliche Richtungsschwelle für nahe gelegene Schallreize. Immerhin weichen die Versuchsbedingungen von dem gewöhnlichen Hören so erheblich ab, daß ohne weiteres keine Beziehung angenommen werden darf.

In der zweiten Versuchsgruppe hörte der Beobachter nur mit einem der beiden Telephone und urteilte über die Intensität der

Schallreize. So schaltete etwa der Versuchsleiter bei irgendeiner Stellung von S erst das Telephon T_1 und dann T_2 ein, und der Beobachter gab an, ob T_2 leiser, gleich oder lauter klang als T_1. Genau wie vorhin eine Schwelle für Abweichungen aus der Mitte, ließ sich jetzt eine Unterschiedsschwelle der Intensitäten finden. Der Wechsel in der Reihenfolge von T_1 und T_2 führte zu zwei wenig voneinander abweichenden Werten, die sich leicht zu einem Mittel vereinigen ließen. Diese mittlere Unterschiedsschwelle betrug 10,5 cm; d. h. also, die links und rechts einzeln gehörten Intensitäten waren dann eben merklich voneinander verschieden, wenn sich die Schallquelle um 10,5 cm von der Mittellinie entfernt hatte. Dieser Betrag ist merklich größer als der für die Richtungsschwelle gefundene. Gewiß lassen sich solche Messungen nicht so miteinander vergleichen wie etwa physikalische Konstanten. Aber doch wird man mit Sicherheit sagen können, daß beim Sukzessivvergleich der links und rechts gehörten Schallstärken Unterschiede noch unmerklich bleiben, die beim Hören mit beiden Ohren den Schall aus der Medianebene herausrücken lassen. Andererseits bietet sich als Grundlage für die mediane oder seitliche Lokalisation des verschmelzenden Doppelschalls zunächst nur der Intensitätsunterschied dar. Phasenunterschiede treten bei dieser Versuchsanordnung nicht auf, und Veränderungen der Klangfarbe für das rechte und das linke Ohr gehen in der ausgeprägten Färbung der Telephonklänge unter. Außerdem müßte ja eine Beeinflussung der Klangfarbe durch die verschiedene Stellung des Schallgebers S zum aufnehmenden Mikrophon M_1 oder M_2 genau so bei den Intensitätsvergleichen wie bei den Lokalisationsversuchen zur Geltung gelangen. Sie müßte hier ebenfalls die Erkennung von Unterschieden unterstützen. Es bleibt also nur die Auffassung übrig, daß tatsächlich beim dichotischen Hören Unterschiede der Erregung in den beiden Ohren, vornehmlich solche der Intensität, einen Einfluß auf die Lage des subjektiven Hörfeldes ausüben, die beim gewöhnlichen Sukzessivvergleich untermerklich bleiben. Woher rührt dieser Unterschied, den wir quantitativ in den Größen der beiden Schwellen 6,9 cm und 10,5 cm vor uns sehen?

Zunächst war der beschriebene Sukzessivvergleich der Intensitäten dadurch erschwert, daß sich der Normalton und Vergleichston auf verschiedene Ohren verteilten, ähnlich wie bei dem Vergleich von Tonhöhen (S. 83). Aber schwerlich rührt der Unterschied allein aus dieser Bedingung her. Es macht doch den Eindruck, als wenn bei der Entstehung der einheitlichen Wahrnehmung aus der gleichzeitigen Erregung der beiden Gehörorgane sich ein Vorgang abspielt,

der eben bei der sukzessiven Herstellung und Vergleichung der Bestandteile verloren geht. Es wäre natürlich höchst bedenklich, in jenem Falle einfach von einem Simultanvergleich zweier Schallintensitäten zu sprechen. Dann ließe sich alles leicht zurechtlegen: denn wäre es irgend verwunderlich, daß ein Simultanvergleich von Intensitäten etwas genauer ist als ein Sukzessivvergleich? Gerade darin liegt ja die ganze Schwierigkeit, wie man sich die Entstehung der einheitlichen Wahrnehmung aus den Teilerregungen der beiden Ohren zu denken habe. Außerdem urteilte der Beobachter in den Versuchen der ersten Gruppe immer nur über die Lage des Schalls. »Lokalisation in der Medianebene« war nicht gleichbedeutend mit »Bewußtsein gleicher Empfindungsstärke in den beiden Ohren«. Ebensowenig gingen etwa Abweichungen aus der Medianebene mit dem Gewahrwerden einer größeren Empfindungsstärke auf einem Ohre Hand in Hand. Nie trat auch nur die Spur eines solchen Vergleichs in das Bewußtsein. Die Aufmerksamkeit richtete sich ausschließlich auf den Ort des Schalls und fand diesen genau so vor, wie sonst beim gewöhnlichen Hören.

Es kommen also tatsächlich beim Zusammenwirken der beiden Ohren die Unterschiede der Erregung in gesteigerter Weise zur Geltung. Dies stünde dann in Analogie zu der Steigerung der Gesamtintensität, die ebenfalls beim Vergleich des dichotischen und des vorwiegend monotischen Hörens zu beobachten ist (S. 79). So viel von dem Unterschied der beiden Schwellen. Daneben aber ist nicht zu vergessen, daß bei alledem die beiden Werte doch nicht allzusehr verschieden sind. Die eine Schwelle ist etwa anderthalbfach so groß als die andere. So phantastisch sind die Leistungen des zweiohrigen Hörens und jenes angeblichen Simultanvergleiches denn doch nicht, wie man sie ihnen bisweilen angedichtet hat. Nach einer anderen Methode habe ich früher den Intensitätsunterschied selbst zu ermitteln gesucht, bei dem im dichotischen Hören die Abweichungen aus der Medianebene merklich wurden: er blieb in der Nähe einer gewöhnlichen Unterschiedsschwelle für Intensitäten[1]). Also eine Steigerung der Wirksamkeit des Unterschiedes bei simultaner Erregung ist anzuerkennen, aber keine, die in eine völlig andere Dimension hinaufwüchse. Auch aus dem binauralen Hören kann man nicht eine Erkennung von Änderungen des Intensitätsverhältnisses um etwa 1% herauszaubern, die nach den alten Angaben Rayleighs von der reinen Intensitätstheorie angenommen werden müßte, wenn

1) A. a. O., vgl. S. 71, Anm. 1.

sie die Genauigkeit verständlich machen will, mit der die Lage eines Schallreizes zur Medianebene in Wirklichkeit aufgefaßt wird. Dies kann mit Sicherheit ausgesprochen werden, so sehr auch die Einschränkung bestehen bleibt, daß bei jenem Sukzessivvergleich keineswegs die Bestandteile als solche erfaßt wurden, aus denen sich beim Hören mit beiden Ohren die Gesamterregung zusammensetzt (vgl. S. 79). Aber die Annäherung ist in unserem Falle genügend.

2) Die Beteiligung des binauralen Intensitätsunterschieds.

In welchem Umfange beim gewöhnlichen beidohrigen Hören der Intensitätsunterschied an der Auffassung der Schallrichtung beteiligt ist, ließ sich durch eine Abänderung der vorhin geschilderten Versuchsanordnung nachweisen (vgl. Fig. 2, S. 87). Ich ahmte nämlich die natürlichen Bedingungen der Schallaufnahme nach. Die beiden Mikrophone M_1 und M_2 wurden im Abstand der Trommelfelle nebeneinander aufgestellt und die Schallbecher wie die Ohrmuscheln nach außen gekehrt. Die Schallquelle S rückte in eine Entfernung von 3 m. Wurde nun S parallel zur Verbindungslinie von M_1 und M_2 verschoben, so wurden diese verschieden stark erregt, und man kann wohl annehmen, daß im allgemeinen diese Veränderungen der Intensität denen entsprachen, die für die Ohren eines an dieselbe Stelle des Raumes gebrachten Beobachters eintreten mußten. Von einer Nachbildung der Form der Ohrmuschel habe ich Abstand genommen, da ja die Ohrmuschel die Schallstärke jedenfalls nicht, wie man früher meist dachte, durch Reflexion, sondern in verwickelter Weise durch Leitung, durch Resonanz u. a. beeinflußt, und sich diese Vorgänge an dem Modell doch nicht nachahmen ließen. Überdies haben Versuche mit künstlicher Ausfüllung oder Umformung der Ohrmuschel gelehrt, daß ihr Einfluß auf die Lokalisation nicht allzu erheblich ist. Die beiden Mikrophone berührten sich gegenseitig nicht und waren je an einem besonderen Stativ befestigt, um eine wechselseitige Übertragung von Erschütterungen auszuschließen. Nach alledem, was wir über das Zusammenwirken der beiden Ohren kennen gelernt haben, sind diese alles andere eher als zwei voneinander unabhängige Vorrichtungen zur Aufnahme von Schall. Die Intensitätstheorie aber hat das Gehörorgan gerade in dieser einfachsten Weise als die Verbindung zweier solcher Vorrichtungen angenommen, und dieser Anschauung ist unser Modell angepaßt.

Als nun der Beobachter im Raume II an den beiden Telephonen T_1 und T_2 hörte, traten ähnliche intrakranielle Lokalisationen ein,

wie bei den vorigen Versuchen. Um mit Sicherheit ein Herausrücken des Tones aus der Medianebene herbeizuführen, bedurfte es einer Verschiebung der Schallquelle um 35 cm parallel zu $M_1 M_2$. Brachte sich dann derselbe Beobachter mit seinen beiden Ohren an die Stellen des Raumes I, an denen bislang die Mikrophone gestanden hatten, so waren die Verschiebungen der Schallquelle aus der Medianebene bei erheblich kleineren Werten erkennbar. Bei frontaler Beobachtung war dabei wie immer die Richtungsauffassung feiner als bei dorsaler. Ich wechselte zwischen beiden Stellungen und gewann als Mittelwert für die sichere Erkennung der Abweichung aus der Medianebene die Größe von 20 cm. In diesem Mittelwert ist der Einfluß der Ohrmuschel, der die frontale Richtungsauffassung gegenüber der dorsalen begünstigt, unterdrückt. Sichtlich ist also die gewöhnliche Richtungsauffassung einer solchen überlegen, bei der künstlich dafür Sorge getragen ist, daß nur die Intensitätsunterschiede zwischen den Erregungen der beiden Ohren die Träger des Lokalisationsvorganges sein können.

Damit ist der Beweis erbracht, daß bei der gleichzeitigen Erregung beider Gehörorgane keine so unwahrscheinlich hohe Empfindlichkeit für Intensitätsunterschiede eintritt, wie sie die reine Intensitätstheorie annehmen muß. Denn solange der Beobachter im Raume II an den beiden Telephonen hörte, ergaben die verschiedenen Stellungen der Schallquelle *S* für beide Ohren gleichzeitig dieselben Unterschiede der Intensität, die auch dann eintraten, wenn er im Raume I an der Stelle der beiden Mikrophone saß. Die Verschiedenheit der Richtungsschwelle in beiden Fällen ist ein Zeugnis dafür, daß der Lokalisationsvorgang noch auf anderen Merkmalen beruht. Der Selbstbeobachtung war darüber nicht viel zu entnehmen. Gelegentlich wurden bei den Versuchen im Raume I Änderungen der Klangfarbe angegeben, doch fanden sich diese, namentlich bei größeren Verschiebungen der Schallquelle, auch beim Hören an den beiden Telephonen im Raume II. Aber — so wird man vielleicht einwerfen — darin mußten sich doch die Beobachtungen auch subjektiv unterscheiden, daß im Raume I der Schalleindruck in gewöhnlicher Weise im äußeren Raume lokalisiert wurde, während es sich im Raume II um eine solche Scheinlokalisation im Innern des Kopfes handelte. Dies verhindert aber nicht, daß wir in beiden Fällen die gleiche Genauigkeit der Richtungsauffassung erwarten dürfen, ja erwarten müssen, wenn diese wirklich nur auf dem in beiden Fällen trotz jenes Unterschiedes gleichmäßig wiederkehrenden Merkmal, nämlich dem Intensitätsunterschied der Erregung in den beiden Ohren, be-

ruhen sollte. Wie die intrakranielle Lokalisation zustande kommt, ist eine Frage für sich: die gleiche Wirksamkeit des Intensitätsunterschiedes im einen wie im anderen Falle wird dadurch nicht berührt.

Will man den Unterschied der beiden Richtungsschwellen verständlich machen, so kann man an eine ganze Reihe von Bestandteilen denken, die eben beim Hören an den beiden Telephonen im Raume II verloren gehen: vor allem an die Tatsache der monotischen Richtungsauffassung. Darüber kann ja kein Zweifel mehr sein, daß bei Beschränkung des Höraktes auf das eine Ohr die Richtungsauffassung nicht notwendig verloren geht. Diese monotische Richtungsauffassung ist bei dem Hören an den beiden Telephonen ausgeschaltet. Man hört Unterschiede der Intensität und vielleicht auch andere Färbungen des Schalls, die sich gelegentlich räumlich deuten lassen, aber unmittelbar diese Eigenschaften nicht in sich tragen. In diesem Zusammenhang wollen wir aber besonders an die möglichen Wechselwirkungen zwischen den beiden Gehörorganen denken, die sich jedenfalls bei den beiden Formen der Beobachtung, um die es sich handelt, verschieden verhalten müssen. Die beiden Ohren sind eben nicht zwei Aufnahmeapparate, die isoliert nebeneinander stehen wie die beiden Mikrophone im Raume I: die ganze Reihe der anatomischen und sensoriellen Wechselwirkungen kann sich zwischen ihnen abspielen (S. 72 ff.). Gewiß werden diese auch beim Hören an den beiden Telephonen im Raume II in Wirksamkeit treten, aber doch in anderer Weise. Ich versuche es nicht, den Unterschied näher zu schildern, als wie ihn die Versuchsbedingungen selbst angeben. Es ist eben nicht dasselbe, ob ein etwaiger Unterschied in den Erregungen der beiden Ohren dadurch zustande kommt, daß das paarig gestaltete Gehörorgan mitsamt dem Schädel, der durch Luft-Knochenleitung ebenfalls Schall aufnimmt, in bestimmter Weise zu einer Schallquelle orientiert ist oder ob er aus zwei von vornherein etwas verschiedenen Schallquellen herrührt, die vor jedem der beiden Ohren in sehr geringer Entfernung liegen. Wie dies im einzelnen, teils physikalisch und wohl auch physiologisch zugeht, mag noch auf sich beruhen. Der Erfolg ist jedenfalls der, daß die gewöhnliche Richtungsauffassung feiner ist als die Empfindlichkeit des dichotischen Schallbildes gegen Intensitätsunterschiede. Bei dem Zusammenwirken mit jenen anderen Lokalisationsmerkmalen mag dann dieselbe Steigerung der Leistung zustande kommen, wie auf anderen Sinnesgebieten. So ist die gewöhnliche Genauigkeit des Augenmaßes größer als die der einzelnen an der Lokalisation

beteiligten Hilfsmittel, des simultanen Netzhautbildes, der Augenbewegungen u. a. Ebenso, möchte ich meinen, vermag auch die Genauigkeit der komplexen Richtungsauffassung der bloßen Unterscheidung von Intensitätsstufen oder von Klangfarben überlegen zu sein. Nicht nach mechanischen Analogien läßt sich das Zusammenwirken verdeutlichen: es ist allezeit ein Vorgang, in dem sich eine Steigerung der Gesamtleistung vollzieht.

3) Künstliche Umkehrung des Intensitätsunterschieds.

Ein weiterer Einblick in das beidohrige Hören ergibt sich, indem man künstlich die Unterschiede der Erregung in den beiden Ohren verändert. In erster Linie bieten sich auch hierzu die Intensitätsunterschiede dar. Es handelt sich jetzt also nicht mehr um Begrenzung des Umfanges, in dem die Intensitätsunterschiede überhaupt beteiligt sind: wir benutzen diese jetzt als einen Hebel, um künstlich in das Gefüge der Lokalisationsmerkmale einzugreifen. Glückt es, diese völlig umzukehren, so sagt man leicht die entsprechenden Richtungstäuschungen voraus. Es ist nicht weiter verwunderlich, daß ein Schall, der in Wirklichkeit von rechts kommt, dann, wenn er vermöge künstlicher Vorrichtungen das linke Ohr viel stärker erregt, nun auch nach links verlegt wird. Was aber tritt ein, wenn eine solche Vertauschung längere Zeit hindurch besteht und inzwischen andere Erfahrungen, wie die optische Wahrnehmung des wahren Schallorts, eingreifen? Setzt sich jetzt entgegen der früheren Bedeutung des Intensitätsunterschiedes die von den Gesichtswahrnehmungen geforderte Lokalisation durch, und wenn sie es tut, was geschieht, wenn nun nachträglich die Schallokalisation wieder sich selbst überlassen bleibt? Das sind die Fragen, über die folgende zwei Versuche Aufschluß geben sollten. Der erste beruhte auf einer künstlichen Vertauschung des Intensitätsunterschiedes. Er sei als akustische Kreuzung bezeichnet. Der zweite brachte die Fehlleitung der Schalllokalisationen durch bloße Gesichtsassoziationen zustande. Er sei als pseudoakustischer Versuch bezeichnet. In beiden Fällen greifen wir in das Gerüst des Schallraums ein. Wir lockern bestehende Assoziationen und stiften dafür vorübergehend neue: es stehen also jetzt die dispositionellen Zusammenhänge zur Untersuchung.

Ich brachte zunächst vor die beiden Ohren Zinkresonatoren und leitete den linken mit einem Schlauch nach dem Gehörgang des rechten Ohres, den rechten ebenso in das linke Ohr. Wurde nun eine Stimmgabel ($n = 384$) abwechselnd vor dem linken und vor dem rechten Ohre angeschlagen, so erfolgte die Lokalisation natür-

lich nach der entgegengesetzten Seite. Die akustische Kreuzung war hierbei ziemlich vollständig, da die Gabel ohne die Resonatoren überhaupt nicht gehört wurde, doch entzog sich aus eben diesem Grunde auch die Nachwirkung einer Prüfung. Außerdem brachte die abklingende Stimmgabel den Schallort selbst nicht zu einer eindringlichen optischen Wahrnehmung. Ich stellte daher vor die nach vorn gerichteten Resonatoren je einen Schallhammer auf und ließ diese in rhythmischer Folge abwechselnd links und rechts schlagen. Schloß nun der Beobachter die Augen, so hörte er die Hammerschläge gekreuzt. Die Verstärkung durch den Resonator kehrte also das gewöhnliche Intensitätsverhältnis hinreichend weit um, obgleich natürlich die Hämmer auch ohne Resonator durch gewöhnliche Luftleitung und also auch ohne Vertauschung gehört werden konnten. Jetzt öffnete man die Augen und folgte möglichst aufmerksam den Bewegungen der Hämmer. Den Gesichtswahrnehmungen erlag die gekreuzte Lokalisation: der linke Hammer klopfte wirklich links, der rechte rechts. Wenn der Beobachter in dieser neuen, also dem tatsächlichen Intensitätsverhältnis widerstreitenden Lokalisation nach einigen Minuten ganz sicher geworden war, schloß er wieder die Augen. Und nun blieb eine Zeitlang, etwa während fünf bis acht Schlägen, die neu gebildete, dem Intensitätsverhältnis widerstreitende Vorstellung erhalten, bis sie allmählich mit zwingender Gewalt in die alte, also dem Intensitätsverhältnis entsprechende, zurückkehrte. Hiermit war zwar eine Nachwirkung jener unter der Herrschaft der Gesichtsvorstellungen gestifteten falschen Zuordnung nachgewiesen. Um diese aber genauer zu studieren, mußte man die Vertauschung leichter in der Hand haben.

Ich ging daher zu einer mikrophonischen Schallverstärkung über, und begann mit einem für Schwerhörige bestimmten mikrophonischen Hörapparat[1]). Wurde durch diesen die Schallstärke auf dem einen Ohr gesteigert, so traten aber in der Regel keine Lokalisationstäuschungen ein: das unbewaffnete Ohr beherrschte die Lokalisation. Dabei griffen bereits die Zeitunterschiede zwischen der Erregung in den beiden Ohren, die bei der Verschiedenheit des Schallweges entstehen mußten, störend ein (vgl. hierüber unten 4). Erst wenn man das unbewaffnete Ohr zudrückte, ergaben sich die dem Intensitätsverhältnis entsprechenden Täuschungen. Überdies war die Beobachtung mit diesen sehr empfindlichen und eben für das schwer-

1) Der Apparat wurde von der Deutschen Akustik-Gesellschaft, Berlin-Wilmersdorf, bezogen.

hörige Ohr berechneten Apparate so anstrengend, daß ich sie in der folgenden Anordnung durch gewöhnliche Mikrophone ersetzte. In Fig. 3 sind T_1 und T_2 zwei Telephone, die in konstanter Entfernung von dem fixierten Kopfe des Beobachters angebracht waren oder durch den Beobachter selbst mit gleichmäßigem schwachen Druck vor die beiden Ohren gehalten wurden. In ihre Verbindungen mit den Mikrophonen M_1 und M_2 waren die Doppelumschalter W_1 und W_2 gelegt, die jedes Telephon durch einen einfachen Handgriff mit einem der beiden Mikrophone in Verbindung brachten. In Fig. 3

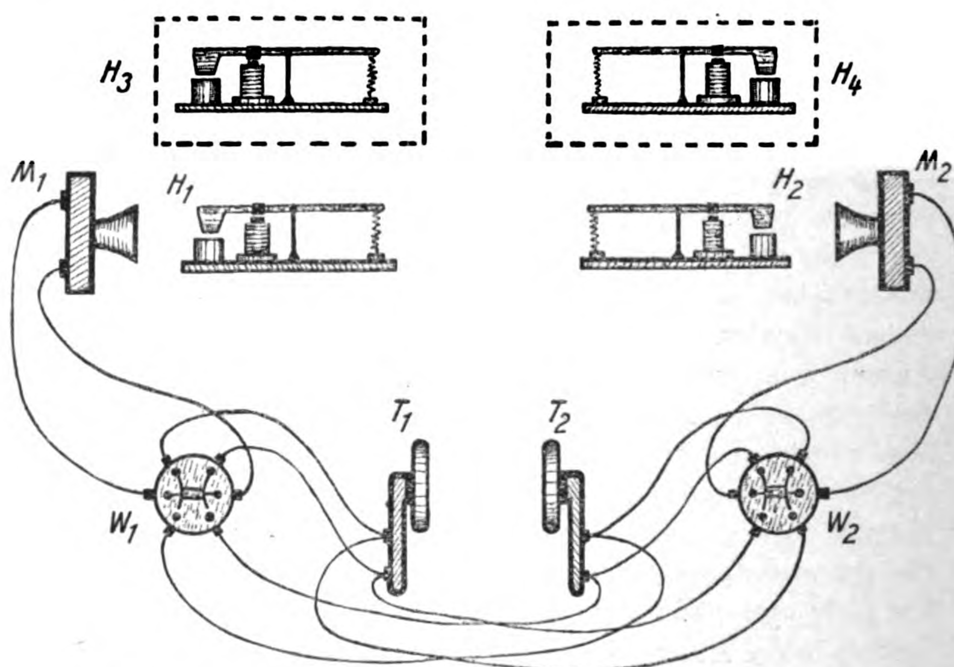


Fig. 3. Versuchsanordnung zur künstlichen Vertauschung des Intensitätsunterschieds.

ist die Stellung der beiden Umschalter gezeichnet, bei der M_1 mit T_1, M_2 mit T_2 verbunden ist. Denkt man sich die beiden Umschalter nach unten umgelegt, so wäre umgekehrt M_1 mit T_2 und M_2 mit T_1 verbunden, also die Kreuzung hergestellt. Vor den beiden Mikrophonen standen die elektromagnetischen Schallhämmer H_1 und H_2, die durch einen Zeitsinnapparat abwechselnd betrieben wurden. In diesen, wie in allen folgenden Versuchen betrug die Pause zwischen zwei Schlägen 1″ bis 1,2″. Die dahinter stehenden Hämmer H_3 und H_4 wurden erst später gebraucht. Die Apparate waren auf einem Tisch aufgestellt. Größere Entfernungen der Schallhämmer vom Beobachter als etwa 1 m kamen ja doch nicht in Frage, da dann

das zeitliche Auseinanderfallen des durch Luftleitung und des im Telephon gehörten Schalls störend eingegriffen hätte. Die im folgenden mitzuteilenden Erscheinungen wurden gemeinsam von Frl. Dr. Paulssen und mir selbst beobachtet, über das Verhalten anderer Vpn. siehe unten (S. 105).

Wenn man zwischen den beiden Telephonen T_1 und T_2 saß, so wirkten auf das Gehörorgan bei jedem Hammerschlage zwei Schallquellen, der Hammer und das nahe dem Ohre stehende Telephon. Solange die Augen offen waren, spalteten sich leicht die beiden Schallreize, d. h. man hörte eben den Hammer und das Telephon. War aber bei dem Auswendiglernen der neuen Zuordnung die Aufmerksamkeit ganz den Hammerschlägen zugekehrt, so kam die besondere Qualität des Telephongeräusches nicht mehr zum Bewußtsein, und dieses wirkte jetzt nur als eine Verstärkung des Hammerschlags für das betreffende Ohr. Immer und mit Leichtigkeit trat diese Verschmelzung bei geschlossenen Augen ein. Da hörten wir von Anfang an nur einen Schallreiz, und zwar in einer mittleren Richtung, wie bei der gewöhnlichen Lokalisation in einem extrakraniellen Hörfeld. Ließ man nun die beiden Hämmer mit geschlossenen Augen lokalisieren und gab dann plötzlich den telephonischen Zusatz bei ungekreuzter Schaltung der Telephone, so rückten die Hämmer scheinbar auseinander, ganz natürlich, da der Zusatzreiz den Intensitätsunterschied vergrößerte. Zugleich schienen sie wegen der stärkeren Gesamtintensität näher zu rücken. Öffnete man darauf die Augen, so wurde der Schall mit Sicherheit dorthin verlegt, wo man ihn entstehen sah, also an die Stelle des Hammers. Umgekehrt rückte bei der Kreuzung der Telephone der Schall des Hammers nach der Mitte zu, wie es der Minderung des Intensitätsunterschieds entsprach.

Sehr schön ließ sich das allmähliche Entstehen und Verschwinden der gekreuzten Lokalisation beobachten, wenn der Zusatzreiz, den die Telephone T_1 und T_2 darstellten, in seiner Größe variabel gemacht wurde. Dies geschah am einfachsten dadurch, daß die Telephone T_1 und T_2 an einer Schiene gleichmäßig und geräuschlos gegen die Ohren des ruhig sitzenden Beobachters verschoben wurden. Dieser hatte die Augen dauernd geschlossen und richtete seine ganze Aufmerksamkeit auf die Hammerschläge, die er ohne telephonischen Zusatzreiz in gewöhnlicher Weise rechts und links lokalisierte. Nun wurden aus großer Entfernung, in der sie so gut wie unhörbar waren, die Telephone mit gekreuzter Schaltung langsam herangeführt. Bisweilen trat eine Spaltung ein. Man hörte den Schall etwa zugleich

vorn links und ganz nahe rechts am Ohr: also die vor dem Versuche unter den gewöhnlichen Bedingungen des Hörens vollzogene Lokalisation leistete Widerstand. Es entstand eine sonderbare Verwirrung, das Netz der Assimilationen zerriß, und die nähere Heranführung der Telephone verstärkte nur die Spaltung. Glückte es aber dem Beobachter, dank seiner Verdichtung der Aufmerksamkeit auf die Hämmer, die Spaltung zu vermeiden, so wanderte der scheinbare Ort der Hämmer bei einer bestimmten Entfernung der Telephone von den Ohren, im Durchschnitt bei 2,3 cm, durch die Medianebene in die gekreuzte Lage hinüber.

Rückten nun die gekreuzten Telephone von den Ohren aus allmählich nach außen, so spielten sich die Erscheinungen in der umgekehrten Reihenfolge ab. Jetzt aber erhielt sich die gekreuzte Lokalisation ziemlich lange, trotzdem der gekreuzte Bestandteil der ganzen Schallerregung immer mehr abnahm, im Mittel bis zu 4,0 cm Entfernung, und auch dann, wenn die Kreuzung schließlich aufgehoben war, blieb immer noch der scheinbare Richtungsunterschied der Hämmer kleiner als er nachträglich mit offenen Augen vorgefunden wurde.

Hiermit ist eine deutliche Nachwirkung der vorhandenen Lokalisation nachgewiesen. Die Stellen, an denen die Kreuzung zum ersten Male eintritt, oder, wenn sie da gewesen war, aufhört, fallen nicht zusammen. Die vorhandene Lokalisation wirkt angleichend. Derselbe Intensitätsunterschied, bei unseren Versuchen zwischen den Entfernungen der Telephone von 1,3 cm und 4 cm, kann je nach der Lokalisation, von der aus er erreicht wird, eine Kreuzung oder Aufhebung einer Kreuzung bedeuten.

Neben diese rein akustischen Assimilationen traten ähnliche Wirkungen unter dem Einfluß des Gesichtssinnes. Begann der Versuch bei Kreuzung der Telephone mit offenen Augen, so war es anfangs durchaus nicht leicht, die neue durch die Gesichtswahrnehmung geforderte Zuordnung zu vollziehen. Die Augen gingen an der Hand der Schallintensitäten zunächst immer nach dem falschen Hammer hin. Allmählich setzte sich die optische Wahrnehmung durch, und der Schall, der in Wirklichkeit etwa rechts viel stärker war als links, kam doch von dem linken Hammer her, dem sichtbaren Ausgangspunkte des Schalls. Dann wurden die Augen geschlossen, und wie bei dem Resonatorenversuch (S. 94) wirkte auch hier die falsche Lokalisation nach. Etwa nach zwei Doppelschlägen wurde die Lokalisation unsicher, aber erst nach fünf bis acht Schlägen war die völlig sichere Umkehrung vollzogen. Jenes Stadium der

Unsicherheit schloß oft einen Kampf der erlernten Vorstellung mit dem Intensitätsverhältnis in sich. Es gab nicht einen Sprung von der einen Vorstellung zur anderen, sondern ein Wandern: die Schläge kamen während dieser Zeit wirklich einmal aus der Mitte. Im allgemeinen war die Nachwirkung um so größer, je besser die Aufmerksamkeit auf die gesehenen Hämmer konzentriert gewesen war, und je länger der Beobachter es fertig gebracht hatte, ungestört die dem Intensitätsverhältnis entgegengesetzte Vorstellung aufrecht zu erhalten. So fanden wir eine kräftige Nachwirkung bei einer Dauer der gekreuzten Lokalisation von etwa 3 Minuten, während eine nur kurzdauernde Kreuzung ohne Spur von Nachwirkung erlosch, sobald die Augen geschlossen wurden.

Die Tatsache einer solchen Nachwirkung läßt zwar einen Schluß auf die Art und Weise zu, wie unter der Herrschaft der Gesichtswahrnehmungen die akustischen Eindrücke umgewandelt werden. Käme nämlich jene Täuschung bei der Kreuzung der Telephone einfach durch Verdrängung oder Unterdrückung der akustischen Eindrücke zustande, so wäre es unerfindlich, wie nach Ausschaltung der Gesichtswahrnehmungen die allein übrigbleibenden akustischen Eindrücke noch weiter jene Eigentümlichkeiten der Lokalisation wenigstens während einiger Sekunden beibehielten. Es muß sich also um eine Umwandlung handeln. Wie weit aber greift diese ein? Sicherlich nicht bis zu den Grundlagen der Richtungswahrnehmung, nämlich jener Unterscheidbarkeit der Eindrücke des linken und des rechten Ohres (vgl. S. 82). Die Vorstellung ist von vornherein abzuwehren, als wäre irgendwie jene Unterscheidbarkeit angetastet. Denn diese ist Bedingung jeder auf Ungleichheiten der Erregung beruhenden Richtungswahrnehmung, mag diese auch künstlich in falsche Bahnen gedrängt sein. Also nur um die von dieser Unterscheidbarkeit erst getragenen lokalen Zeichen des Schalleindrucks kann es sich handeln. Werden diese unterdrückt und durch Scheinmerkmale ersetzt, oder werden sie einer zeitweiligen Vertauschung in die Hände gespielt? Auf diese Frage antwortet folgender Versuch. Nachdem der Beobachter bei gekreuzten Telephonen die neue Zuordnung erlernt hatte, schloß er die Augen, hob gleichzeitig durch die Wender W_1 und W_2 die Kreuzung auf und achtete so scharf als möglich auf die Richtung der unmittelbar folgenden Schallreize. Ich gestehe, daß ich dem Ausfall dieses Versuches mit Spannung entgegensah. Wären nämlich wirklich die Lokalzeichen umgestimmt worden, so hätten jetzt, bei Aufhebung der Kreuzung, die Schläge wieder aus der falschen Richtung kommen müssen. Ich dachte dabei

an die Versuche von Stratton, der sich an die Inversion einer Brille mit umkehrenden Prismen so gewöhnte, daß er zum Schlusse wieder alles aufrecht sah. Als er nun die Brille ablegte, waren zunächst wieder Orientierungsstörungen vorhanden, ein Beweis, daß es sich wirklich um eine Umstimmung der lokalen Eigentümlichkeiten gehandelt hatte.

Der Versuch mit der akustischen Kreuzung verlief in dieser Beziehung negativ. Nicht die leiseste Spur davon ließ sich entdecken, daß etwa nach plötzlicher Aufhebung der Kreuzung eine Tendenz zu falscher Lokalisation vorhanden wäre: die Täuschung, die während der Kreuzung einen rechts stärkeren Schall nach links verlegt hatte, war mit einem Schlage zerstört. Es setzte eine neue Wahrnehmung ein, die mit aller Sicherheit den links stark gehörten Schall auch im Schallraum links erscheinen ließ. Nun war allerdings die Dauer des Erlernens und der Gewöhnung an die gekreuzte Lokalisation bei diesen Versuchen sehr begrenzt. Länger als etwa eine Viertelstunde wurden niemals in einer Folge die Schallreize mit der Kreuzung angehört. Vielleicht erfordert eine wirkliche Umstimmung der Lokalzeichen eine viel längere Dauer der Kreuzung, die sich eben beim Gehörorgan kaum erzielen läßt. Wie dem auch sei — die unter unseren Bedingungen beobachtete Nachwirkung kann nur als die Nachwirkung einer Scheinlokalisation aufgefaßt werden, bei der die aus den Gesichtswahrnehmungen stammende Verlagerung der Schallreize für kurze Zeit erhalten bleibt. Es erinnerte an eine umkehrbare perspektivische Täuschung, bei der auch die einmal gebildete Tiefenvorstellung meist einige Zeit hindurch andauert, während der Anlaß zu ihrer Entstehung schon verschwunden sein kann. So war es denn auch für das Gelingen des Versuchs mit der einfachen Nachwirkung entscheidend, daß die Qualität der Schläge während der Nachdauer der falschen Zuordnung unverändert blieb. Für einen qualitätsfremden Schallreiz bestand die Nachdauer der falschen Zuordnung nicht; ja schon die bloße Preisgabe der rhythmischen Folge, bei der die Kreuzung unter Anleitung der Gesichtswahrnehmungen gestiftet worden war, hob die Nachwirkung auf. Die akustische Kreuzung deckt also zwei sehr verschiedenartige Bestandteile in der Richtungswahrnehmung auf. Der eine ist leicht durch die Assoziationen umzuwandeln, der andere setzt einen beharrlichen Widerstand entgegen. So leicht sich ein einzelner Schalleindruck aus dem Gefüge der Raummerkmale herausbiegen läßt, so sicher bleibt die eigentliche Grundlage für die Lokalisation dabei unverändert. Hierin steckt eben die Wirksamkeit jener

Unterschiede der beiden Ohren, von denen wir gesprochen haben (vgl. S. 82).

Ähnliche Eingriffe in die Schallokalisation übte auch eine bloße Vertauschung der Gesichtseindrücke aus. Die bekannte Neigung, einen Schalleindruck an den Ort eines gleichzeitigen Gesichtseindrucks zu verlegen, erleichterte die Stiftung solcher falscher Assoziationen[1]). Die Anordnung der Apparate ist aus Fig. 3 (S. 96) zu ersehen. Nur wurden jetzt die beiden Wender W_1 und W_2, anstatt nach T_1 und T_2, nach den Hämmern H_1 und H_2 abgeleitet, an Stelle der Mikrophone M_1 und M_2 aber die beiden neuen Hämmer H_3 und H_4 eingeschaltet. Diese standen für den Beobachter verdeckt hinter den beiden sichtbaren Hämmern H_1 und H_2, die so eingestellt wurden, daß sie zwar die Bewegung des Hämmerns ausführten, aber keinen hörbaren Schall hervorbrachten. Genau wie vorher bei den Telephonen ließ es sich auch jetzt einrichten, daß der stumme aber sichtbare Hammer entweder mit dem schallgebenden aber unsichtbaren Hammer derselben oder der anderen Seite gleichzeitig kam.

Um ein Bild von dem Einfluß der stummen Hämmer H_1 und H_2 zu gewinnen, begannen wir mit Versuchen, bei denen die Hämmer nicht gekreuzt waren. Also gleichzeitig mit der Bewegung von H_1 kam der Schall von H_3, ebenso hingen H_2 und H_4 zusammen. H_3 und H_4 standen zu beiden Seiten der Medianebene, so daß bei geschlossenen Augen gerade noch rechts und links unterschieden wurde. H_1 und H_2 standen 50 cm auseinander. Der Beobachter saß 1,5 m entfernt völlig symmetrisch zu ihnen beiden. Sah er nach den stummen Hämmern hin, so rückte der Schlag einwandsfrei an die Stelle dieses Hammers. Die geringe Abweichung der beiden Hammerschläge von der Medianebene wurde durch die optische Suggestion vergrößert, und der Leichtigkeit, mit der diese Täuschung eintrat, entsprach eine lange Nachwirkung nach Schließung der Augen.

Jetzt wurden H_3 und H_4 genau in der Medianebene aufgestellt. Schloß der Beobachter die Augen, so kamen ihm die beiden Schallreize aus derselben Richtung, blieben aber in ihrer Qualität deutlich unterscheidbar. Wenn er nun die beiden stummen Hämmer, wie vorhin je 25 cm seitlich der Medianebene, ansah, so rückten ihm die Schallreize in deren Richtung. Es blieb dabei meist die Vorstellung, daß sie nicht an dem stummen Hammer selbst, sondern etwas hinter ihm lägen. Aber sie waren trotzdem deutlich auf den stummen

1) Vgl. hierzu meine Untersuchungen über die Lokalisation bei disparaten Nebenreizen. Wundts Psych. Stud. Bd. 5. 1910. S. 73ff.

Hammer bezogen. Wurden nun die Augen geschlossen, so blieb dieser große Winkelunterschied längere Zeit hindurch erhalten, etwa während fünf bis acht Doppelschlägen, in einem vereinzelten Falle überhaupt so lange, als die Spannung der Aufmerksamkeit aushielt. Dabei blieb der Beobachter in der von selbst beharrenden Gesichtsvorstellung der Schallquelle. Aber selbst wenn er sofort und möglichst stark die Aufmerksamkeit nur auf die Schallreize richtete, kamen immer noch zwei bis drei Doppelschläge aus den seitlichen Richtungen, und erst die späteren kehrten in die Medianebene zurück.

Das Entstehen und Verschwinden dieser Richtungstäuschungen ließ sich besonders deutlich bei plötzlicher Vertauschung der Hammerschläge verfolgen. Die beiden aus der Medianebene kommenden Hammerschläge mögen sich als »hell« und »dunkel« unterscheiden. Der hellere kam gleichzeitig mit H_1, wanderte also nach links, d. h. der (stumme) Hammer H_1 klingt »hell«; der dunklere kam gleichzeitig mit H_2, wanderte also nach rechts, d. h. der (stumme) Hammer H_2 klingt »dunkel«. Jetzt wurde die Zuordnung plötzlich vertauscht: der helle Hammerschlag kam gleichzeitig mit H_2, der dunkle mit H_1. Die Vertauschung bewirkte zunächst eine starke Verwirrung. Der Beobachter sah unter der Führung der vorhandenen Assoziationen nach dem falschen Hammer hin. Er suchte also den hellen Schlag noch links, bei H_1, und den dunklen rechts, bei H_2. Dann kamen beide Schallreize in ziemlich unbestimmter Form aus der Mitte, und schließlich traten sie ruhig nach der entgegengesetzten Seite heraus. Diese Umgestaltung vollzog sich im Verlaufe von vier bis fünf Doppelschlägen, während die erstmalige Anziehung der Hammerschläge durch die Gesichtseindrücke meist schon nach zwei Doppelschlägen vollständig war. In dieser Verlängerung steckt also wieder eine Nachwirkung der akustischen Scheinlokalisation. Der Wechsel dieser Lokalisationen erinnerte an die verschiedenen Auffassungen einer umkehrbaren perspektivischen Figur. In der Tat war ja bei unserem Versuch die Abweichung der Schallreize von der Medianebene, also ihre Ausbreitung auf einer vor dem Beobachter gedachten Linie nur ein Schein: objektiv kamen sie stets von demselben Punkte her. Man kann daher in Analogie zu den pseudoskopischen Erscheinungen in unserem Falle von pseudoakustischen Erscheinungen reden, und diese Bezeichnung auch für ähnliche umkehrbare Schalltäuschungen verwenden.

Die Sicherheit, mit der diese Erscheinungen sich abspielten, ermutigte zu dem Versuche, einen wirklichen Richtungsunterschied von Schallreizen bloß durch Gesichtswahrnehmungen umzukehren.

H_3 und H_4 standen jetzt wieder, wie in Fig. 3, S. 96, links und rechts der Medianebene, aber nur um so viel, daß diese Abweichung gerade sicher erkannt wurde. Saß der Beobachter 1,5 m von H_3 und H_4 entfernt, so mußte der Abstand etwa 10 cm betragen. Die Hämmer wurden mit gekreuzter Schaltung verbunden, also H_1 mit H_4, und H_2 mit H_3. Richtete sich nun die volle Aufmerksamkeit auf die Bewegung an den beiden stummen Hämmern H_1 und H_2, so wurde H_4, der gleichzeitig mit H_1 kam, links gehört, und ebenso H_3, der gleichzeitig mit H_2 kam, rechts. Es glückte dies allerdings nur bei einer völligen Versenkung in die Aufgabe. Denn die Inversion war mit den stummen Hämmern viel schwieriger hervorzubringen als früher mit den gekreuzten Telephonen. Wurden dann in dem Augenblicke, wo die unsichtbaren Hammerschläge völlig in den sichtbaren Hammerbewegungen aufgingen, die Augen geschlossen, so hörte man meist nur noch je einen Schlag in der Vertauschung von rechts und links. Der zweite Doppelschlag lag häufig einigermaßen unbestimmt in der Mitte, und der dritte dann sicher wieder auf der richtigen Seite. Gelegentlich aber ließ sich die pseudoakustische Lokalisation bis zu vier Doppelschlägen festhalten. Dann zerfiel die Täuschung, und die Schläge sprangen auf die richtige Seite hinüber. Öffnete der Beobachter nach dem Abklingen der Inversion wieder die Augen, so geriet er in eine arge Verwirrung. Es sah so aus, als wenn die Hämmer verkehrt schlügen. Die Zumutung, den Hammerschlag auf der entgegengesetzten Seite zu suchen, schien einer Scheinwirklichkeit zu entstammen, wie das Greifen nach dem Bilde hinter dem Spiegel, und die erneute Kreuzung bedeutete nicht Hingabe an ein Täuschungsmotiv, sondern eher Annäherung an das wirkliche Verhalten der Schallreize.

Wie bei dem Versuch mit den gekreuzten Telephonen (vgl. S. 100), ließ sich auch die pseudoakustische Wahrnehmung durch Einführung eines fremden Schallreizes prüfen. Zu diesem Zweck wurden die unsichtbaren Hämmer H_3 und H_4 wieder in die Medianebene gerückt. H_4 konnte beliebig gegen einen möglichst nahe an seine Stelle gebrachten Klingelschlag ausgetauscht werden. Nachdem sich die Scheinlokalisation eingestellt hatte, wurde bei geschlossenen Augen an Stelle des erwarteten H_4 der Klingelschlag gegeben. Aber der Klingelschlag unterlag nicht der Täuschung: er kam aus der Mitte. Ebenso kam während der Nachwirkung einer Inversion, die sich bei Kreuzung der Gesichts- und Gehörseindrücke eingestellt hatte, der Klingelschlag sofort aus seiner wahren Richtung. Die Klingel gehörte eben nicht in den Zusammenhang zwischen Hammer und Schlag.

»So klingt es nicht, wenn der Hammer geht«, war die schlichte Ablehnung des Beobachters. Es zeigte sich also wiederum, daß die Nachwirkung der Lokalisationstäuschung nicht auf einer Umstimmung der lokalen Merkmale beruhte — diese hätte auch den qualitätsfremden Reiz verlagern müssen —, sondern nur auf einer räumlichen Fehlleitung des gesamten assoziativen Zusammenhangs, in dem gerade dieser eine bekannte Reiz gestanden hatte. Die Unterscheidbarkeit der Eindrücke des linken und des rechten Ohres erscheint hier in demselben Lichte wie bei der akustischen Kreuzung (S. 100 f.).

Entsprechende Scheinlokalisationen gab es endlich bei der Entfernung. Jetzt standen H_1 und H_2 hintereinander in der Medianebene, H_1 1 m und H_2 1,25 m vom Beobachter entfernt, und unter ihnen die verdeckten Hämmer H_3 und H_4 (vgl. Fig. 3, S. 96), mit demselben Unterschied der Klangfarbe wie vorhin. Waren zunächst H_3 und H_4 in der Entfernung nicht zu unterscheiden, so trat mühelos die Verlegung des Schalls an die Stelle des gleichzeitig sich bewegenden H_1 oder H_2 ein. Bei einer Vertauschung der Zuordnung rückte sofort der nächste Hammerschlag an die Stelle des gleichzeitig sich bewegenden Hammers. Es möge also der helle Schlag mit dem näheren Hammer, der dunkle mit dem ferneren verbunden gewesen sein. Nach dem hellen Hammerschlag wird vertauscht. An Stelle des erwarteten dumpfen kommt nun noch einmal der helle, gleichzeitig mit der Bewegung des ferneren Hammers. Und dieser zweite helle Schlag, den ich eben noch vorn hörte, wird mit Sicherheit schon hinten gehört. Es gab keine Verwirrung, auch keinen Übergang, sondern eine sofortige Ersetzung der früheren Lokalisation. Die pseudoakustische Tiefenvorstellung hatte also zum Unterschiede von der pseudoakustischen Richtungsvorstellung (vgl. S. 103) keinerlei Nachwirkung. Diese zeigte sich erst, wenn die beiden verdeckten Hämmer H_3 und H_4 so weit auseinander rückten, daß der Tiefenunterschied mit geschlossenen Augen richtig erkannt wurde. Ein solcher Entfernungsunterschied ließ sich leichter als früher der Richtungsunterschied durch Vertauschung der sichtbaren Hämmer in sein Gegenteil verkehren, und auch die Nachwirkung der Vertauschung bei geschlossenen Augen von drei bis vier Doppelschlägen war jener überlegen (vgl. S. 103). Dieses Verhalten entsprach also durchaus der geringeren Sicherheit der akustischen Tiefenwahrnehmung im Vergleich mit der akustischen Richtungswahrnehmung. Zugleich erinnern wir uns daran, daß die Entfernungsvorstellungen sich nicht auf so tiefliegende Merkmale stützen können, wie sie die

Richtungsvorstellungen in der Unterscheidbarkeit der beiden Ohren und den damit verknüpften Unterschieden haben (S. 82 ff.). Es ist also verständlich, daß sie der optischen Suggestion stärker erlag als jene, und dementsprechend die eigentlichen Tiefenmerkmale erst später die Herrschaft wiedererlangten.

Schließlich noch ein Wort über die individuellen Unterschiede. Die Erscheinungen sind bisher nach den Beobachtungen der beiden genannten Vpn. geschildert worden. Bei Vergleichung mit anderen Vpn. zeigte sich, daß das Eintreten der akustischen Kreuzung und der pseudoakustischen Täuschung manchen Schwankungen unterworfen ist. Dies nimmt uns nicht wunder, da die Fähigkeit sich in solche ungewohnten Bedingungen der Wahrnehmung hineinzuversetzen, sicherlich sehr verschieden ist. Handelte es sich doch um Phantasieerlebnisse, und diese zarteren Gebilde verkümmern oft unter dem Wissen um den wahren Sachverhalt. Neben dieser allgemeinen Bedingung kommt eine besondere in Frage: der Einfluß der Gesichtswahrnehmungen auf die Lokalisation der Schallreize kann je nach den Vorstellungsgewohnheiten der Vp. verschieden sein. So fiel aus der Gesamtheit ein Beobachter heraus, der keine pseudoakustische Erscheinung zustande brachte. Er war ausgesprochen akustisch veranlagt, lernte z. B. chemische Formeln nur nach dem Klange und bezeichnete es als unmöglich, solche langen Wörter optisch zu beherrschen. Vielleicht hängt damit die Unwirksamkeit der Gesichtseindrücke in diesem vereinzelten Falle zusammen.

4) Der Einfluß des binauralen Zeitunterschieds.

Neben dem Unterschiede der Intensitäten hat der Unterschied in der zeitlichen Entstehung der Schallerregungen eine Rolle in den Theorien des beidohrigen Hörens gespielt. Es ist nicht zu bestreiten, daß ein seitlicher Schall dasjenige Ohr eher erreicht, auf dessen Seite er liegt — und die Theorie fand in diesem Unterschied ein willkommenes Merkmal für die binaurale Richtungswahrnehmung. Ich habe allerdings keine Versuche angetroffen, diesen Einfluß experimentell sicherzustellen oder durch eine ins einzelne gehende Theorie zu klären. Und dabei erheben sich doch hier genau dieselben Fragen wie bei dem Intensitätsunterschied. Die Wirksamkeit des Zeitunterschieds müßte nachgewiesen und zahlenmäßig festgelegt werden, um sie mit den sonstigen Leistungen des Gehörorgans in zeitlichen Unterscheidungen vergleichen zu können, und auch dann bleibt die Umsetzung zeitlicher Unterschiede in räumliche noch sehr einer Erklärung bedürftig.

Ich habe diese Frage zunächst rein experimentell angefaßt und zu entscheiden gesucht, ob Zeitunterschiede Richtungswahrnehmungen zustande bringen. Zu diesem Zweck müssen künstlich die übrigen Hilfsmittel der Richtungswahrnehmung ausgeschaltet werden, so daß nur Zeitunterschiede zurückbleiben. Eine solche Herausschälung ist im dichotischen Hören möglich. Wenn ich denselben Schallreiz den beiden Ohren auf getrennten Wegen zuführe, so können alle Bedingungen für die beiden Ohren ganz gleich gehalten werden: wir erhalten mit Sicherheit eine Medianlokalisation. Tritt das Schallbild aus dieser heraus, wenn nur ein Zeitunterschied der Erregungen hergestellt wird? Das ist die Frage, um die es sich handelt. Ich benutzte hierzu die Anordnung der Fig. 2 (vgl. S. 87). Nur wurden die Mikrophone M_1 und M_2 auf eine Entfernung von 10 m auseinandergezogen, und die Schallquelle S, die jetzt aus einem sehr kurzen Geräusch bestand, in die Mitte der Verbindungslinie von M_1 und M_2 gebracht. Bei Verschiebungen von S gegen M_1 oder M_2 entstanden natürlich Unterschiede der Stärke und Färbung des Schalls. Diese wurden in ziemlich mühevollen Versuchen durch Einschaltung von Widerständen, Veränderung der Trichterstellung, Abdeckung des Mikrophons mit Tüchern u. a. so weit ausgeglichen, daß innerhalb der in Frage kommenden Verschiebungsgrenzen beim sukzessiven Hören an den Telephonen T_1 und T_2 keine Spur einer Verschiedenheit mehr zu entdecken war. Hörte man also die Schallquelle S gleichzeitig an den beiden Telephonen T_1 und T_2, so blieb allein der durch den Entfernungsunterschied von S gegen M_1 und M_2 gegebene Zeitunterschied, für je 1 m also 3 σ, übrig.

Der Ausfall des Versuches lohnte die Mühe, mit der die Grundlagen geschaffen worden waren: kleine Zeitunterschiede bewirkten in der Tat eine Verschiebung des intrakraniell lokalisierten Schallbildes nach der Seite des früher erregten Ohres hin. Und zwar galt dies für Zeitunterschiede bis zur Größe von 5 σ—10 σ. War diese Grenze überschritten, so kam die Ungleichzeitigkeit als solche zur Wahrnehmung. Ein genauerer Einblick war allerdings durch das Nachklingen im Mikrophon verwehrt — auch war ich mir dessen nicht ganz sicher, ob nicht Einwirkungen des Versuchsraums I (vgl. Fig. 2) den errechneten Zeitunterschied trübten. Darum verzichtete ich auf die objektiv einfache Schallquelle S und erzeugte in den Telephonen T_1 und T_2 völlig gleichartige Momentanreize durch Unterbrechung eines Stromkreises. Mit dem Wundtschen Spaltpendel ließ sich diese Unterbrechung zweier gleichmäßig gearbeiteter Kontakte in einem beliebigen Zeitunterschied bewirken. Auch hier ging

den Versuchen eine Ausscheidung der Intensitätsunterschiede voraus. Bei Gleichzeitigkeit der beiden Reize in T_1 und T_2 lag das intrakranielle Schallbild einwandsfrei in der Medianebene, und beim Sukzessivvergleich der Reize von T_1 und T_2 waren keine Unterschiede der Stärke oder der Klangfärbung mehr zu entdecken. Auch hierbei trat die Verschiebung nach der Seite des zuerst gereizten Ohres hin ein. Zugleich aber ließen sich bei allmählich wachsender Größe des Zeitunterschiedes die folgenden drei Stufen in der Selbstbeobachtung feststellen.

Bei den kleinsten Zeitunterschieden blieb das Schallbild noch in der Mitte, aber es war im Vergleich mit dem Eindruck bei Gleichzeitigkeit in eigentümlicher Weise verbreitert. Das Schallbild blieb einheitlich und jene Ausdehnung griff gleichsam nach beiden Seiten gleichmäßig über: es lag nicht mehr so glatt und schmal in der Medianebene wie bei Gleichzeitigkeit. An dieser Verbreiterung ließ sich die Ungleichzeitigkeit von der Gleichzeitigkeit unterscheiden — aber es steckte darin keinerlei zeitliches Erleben. Ununterscheidbar blieb darum auch die Richtung des Zeitunterschieds: Es machte für die Wahrnehmung keinen Unterschied, ob das linke oder das rechte Ohr zeitlich voranging. Bei gleichen absoluten Zeitunterschieden entstand der gleiche Eindruck der Verbreiterung — ohne Rücksicht auf das Vorzeichen.

Auf der nächsten Stufe trat zu der Verbreiterung des Schallbildes das Ausweichen aus der Medianebene nach der Seite des früher erregten Ohres hinzu. Das Schallbild blieb noch einheitlich — es wurden keine Zeitunterschiede wahrgenommen, aber es wanderte aus der Mitte heraus und folgte der Umkehrung des Zeitunterschiedes. Die Richtung des Zeitunterschiedes steckte also jetzt in der Wahrnehmung darin — nur eben nicht als zeitlicher oder zeitähnlicher Inhalt, sondern ausschließlich in dieser Lokalisationsform.

Mit zunehmender Größe des Zeitunterschiedes wurde endlich die dritte Stufe erreicht: Das einheitliche Schallbild zerfiel, und der Zeitunterschied gelangte zum Bewußtsein. Zunächst entstand dabei eine Scheinbewegung vom früher zum später erregten Ohre. Man könnte hier in Analogie zu den kinematoskopischen Täuschungen von einer kinematoakustischen Täuschung reden: Eben deswegen, weil der Schall, wenn auch sehr rasch, so doch mit deutlichem Wahrnehmungscharakter durch die Medianebene hindurcheilte. Eine weitere Vergrößerung ließ dann diese kinematoakustische Wahrnehmung mehr und mehr hinter der Auffassung eines reinen Doppelschlags zurücktreten.

Die Größe der Zeitunterschiede, innerhalb deren diese qualitativ so wohl umschriebenen Stufen lagen, war von verschiedenen Bedingungen abhängig. Günstig für die Wirksamkeit der Zeitunterschiede war eine möglichst kurze Dauer des Reizes und eine mittlere Intensität. Es heftet sich aber natürlich ein lebhaftes Interesse daran, welcher Grenzwert unter den günstigsten Bedingungen erreicht wird: Dieser böte sich von selbst einer zahlenmäßigen Vergleichung mit anderen Leistungen des Gehörsinnes auf dem Gebiete der zeitlichen Unterscheidung dar. Obgleich ich zu einer einwandfreien Ermittelung dieser Grenzwerte nicht vorgedrungen bin, möchte ich doch vorbehaltlich der späteren Ersetzung durch genauere Zahlen, einige Messungen mitteilen.

Die dritte Stufe begann bei Zeitunterschieden einzutreten, die 5 σ überstiegen: Wir haben in ihr eine binaurale Zeitschwelle vor uns, die zu der gewöhnlichen Zeitschwelle für Momentanreize von 2 σ in einem verständlichen Verhältnis steht. Die zweite Stufe, innerhalb deren die Lokalisation den Zeitunterschieden folgte, reichte herab bis zu 1 σ, anscheinend sogar noch tiefer und gar die Erscheinungen der ersten Stufe, also jene früheste Andeutung für die Wirksamkeit von Zeitunterschieden in Form einer Verbreiterung des Schallbildes, spielte sich bei Zeitunterschieden ab, die die Größe von 1 σ überhaupt nicht erreichten. Eine Sicherstellung dieser Zahlen muß einer späteren Nachprüfung vorbehalten bleiben: das eine aber scheint mir schon jetzt sicher zu sein, daß das dichotische Hören noch gegen Zeitunterschiede empfindlich ist, die für das monotische Hören ihre Wirksamkeit verloren haben. Sinkt ein Zeitunterschied unter die Zeitschwelle, deren unterer Grenzwert eben bei 2 σ liegt, so hat er für das monotische Hören seine Rolle ausgespielt: im dichotischen Hören aber ist er noch nachzuweisen. Hierin liegt also wiederum eine Steigerung der Leistung durch das Zusammenwirken der beiden Ohren, wie oben beim Intensitätsunterschied (S. 93).

Einer genaueren Einfügung dieser Erscheinungen in die Theorie will ich nicht vorgreifen, solange die zahlenmäßigen Angaben noch so unsicher sind. Gerade diese mußten aber über manche Möglichkeiten entscheiden, die hier auftauchen. So erinnert — um nur eine davon zu nennen — der untere Grenzwert von dem Bruchteil von 1 σ an die Zeitgröße, die man für die Dauer der intrakraniellen Leitung von Ohr zu Ohr einsetzen dürfte. Es erschiene dann also die Wirksamkeit des Zeitunterschiedes daran gebunden, daß in dem später erregten Ohr der aus der intrakraniellen Leitung herrührende Bestandteil der Erregung von der direkten Erregung noch zeitlich

getrennt sei. Doch fehlt einstweilen noch jede sichere Grundlage für die Prüfung solcher Vermutungen. Dafür stellt die bloße Tatsache, daß kleine Zeitunterschiede Richtungswahrnehmungen nach sich ziehen, schon eine Reihe interessanter Fragen. Als Bedingungen, unter denen Verschiebungen aus der Medianebene beim dichotischen Hören eintreten, hatten sich vor allem der Intensitätsunterschied und der Phasenunterschied aufgedrängt. Die Theorie vermochte zu zeigen, daß aus dem Phasenunterschied zufolge der intrakraniellen Leitung (vgl. S. 72) Interferenzen entspringen, die zu einem Intensitätsunterschied führen. Eine selbständige Wirksamkeit des Phasenunterschieds braucht also nicht angenommen zu werden: diese läßt sich einwandfrei auf Intensitätsunterschiede zurückführen. Wie sollen wir uns nun zu dem Zeitunterschied verhalten? Ist er als eine selbständige Bedingung anzuerkennen oder fordert auch er die Zurückführung auf eine der bekannten? Der Selbstbeobachtung sind hierfür keine sicheren Anhaltspunkte zu entnehmen. Der Eindruck der Seitenverschiebung war genau der gleiche wie bei einem entsprechenden Intensitäts- oder Phasenunterschied. Nur jene der eigentlichen Seitenverschiebung vorangehende Verbreiterung, die die erste Stufe kennzeichnete (S. 107), ist mir bei Intensitäts- oder Phasenversuchen nicht begegnet. Ebenso stellt die dritte Stufe mit ihren Scheinbewegungen, die das Zerfallen des einheitlichen Schallbildes in einen Doppelschlag einleiten, eine Erscheinungsfolge dar, die sich niemals bei Intensitäts- oder Phasenunterschieden ereignet. Während diese, sobald sie überhaupt die Schwelle ihrer Wirksamkeit überschreiten, sich völlig gleichförmig in eine Richtungswahrnehmung umsetzen, sind die Zeitunterschiede nur innerhalb eines eng begrenzten Ausschnitts, eben bei jenen absoluten Größen, die von der zweiten Stufe eingenommen werden, von Richtungswahrnehmungen begleitet. Unterhalb dieses Ausschnitts gilt die bloße Verbreiterung, oberhalb dieses Ausschnitts erlischt das dichotische Schallbild und verflüchtigt sich zur Wahrnehmung der Zeitfolge.

Der Verwandtschaftsgrad der Zeit- und Intensitätsunterschiede ist natürlich auch dem Experiment zugänglich. Man könnte fragen, ob sich innerhalb jenes Ausschnitts die von den Zeitunterschieden abhängigen Seitenverschiebungen durch die entsprechenden entgegengesetzten Intensitätsunterschiede wieder aufheben lassen — doch bin ich zu einer exakten Ausführung dieses Versuches nicht mehr gelangt. So bietet sich vorerst keine rechte Handhabe, um den Zeitunterschied in eines der bekannten Lokalisationsmerkmale umzuformen. Auch der Weg über die unterschiedlichen Anstiegs-

zeiten, die ja eine Aussicht auf Intensitätsunterschiede böten, wäre ziemlich gewagt, denn der Unterschied von wenigen σ erscheint doch in Anbetracht der langen akustischen Anstiegszeiten zu gering, um ihn für einen Intensitätsunterschied verantwortlich zu machen, der in der Nähe einer gewöhnlichen Unterschiedsschwelle für Schallstärken liegen müßte (vgl. S. 91). Endlich eine Anleihe bei den Phasenverschiebungen scheitert natürlich an der Beschaffenheit der Schallreize, die als kurzdauernde Knalle keine irgend sichere Phasenbeziehungen zulassen.

5) Die binaurale Entfernungsauffassung.

Schwerer noch als bei der Richtungswahrnehmung ist der Anteil des beidohrigen Hörens an der Entfernungsauffassung einzuschätzen. In ihrer eigentümlichen Unbestimmtheit bot sie Theorien und Versuchen über die Leistungen des Gehörorgans, aber ebenso der Aufrichtung von Analogien zu Leistungen des Gesichtssinns bei dem beidäugigen Tiefensehen einen nur allzu willkommenen Spielraum. So stellte man der binokularen Parallaxe eine binaurale Parallaxe zur Seite, die natürlich eine Richtungswahrnehmung des einen Ohres für sich voraussetzt, oder huldigte, wenn man diese nicht anerkannte, der Lehre von einem nur sekundären Charakter aller akustischen Tiefenvorstellungen. Auch hier wird die Untersuchung des dichotischen Hörens zu einem Prüfungsmittel. Es hatte sich mir früher ergeben, daß die Auffassung der Entfernung bei Ausschaltung des Hilfsmittels der Intensitätsschätzungen nicht verloren geht[1]). Man kann nämlich die mit dem Wechsel der Entfernung für den Hörenden eintretenden Intensitätsänderungen an der Schallquelle *S* so ausgleichen, daß er subjektiv immer die gleiche Schallstärke hört. Eine solche Ausgleichung hebt die Entfernungsauffassung nicht auf, sondern setzt sie nur um einen meßbaren Betrag herab. Was geschieht aber, wenn ich dichotisches Hören einführe? Beruht jene trotz gleichbleibender Intensität zustande kommende Auffassung der Entfernung auf irgendwelchen Veränderungen der Schallmasse, die sich — ich möchte sagen auf dem Wege zwischen Schallquelle und Trommelfell ereignen —, dann müßte sie erhalten bleiben, wenn ich an die Stelle der beiden Trommelfelle Mikrophone bringe und den Beobachter im anderen Raume an den beiden Telephonen hören lasse. Aus ihrem Ausfall aber müßte auf die Unrichtigkeit jener Voraussetzung geschlossen werden.

1) A. a. O., vgl. S. 71. Anm. 1.

Unter diesem Gesichtspunkte also schritt ich zu vergleichenden Versuchen über die Auffassung der Entfernung. Ich beschränkte mich auf einen einzigen Entfernungsunterschied. Der stärkere Schall war 50 cm, der leisere 100 cm von der Verbindungslinie der beiden Ohren oder der an dieselbe Stelle des Raumes gebrachten Mikrophone genau nach vorn entfernt. In Fig. 2 (S. 87) müßte man sich also M_1 und M_2 bis auf den Abstand der Trommelfelle einander genähert denken. Nachdem sorgfältig die kompensierende Veränderung der Schallstärke herausgesucht war, mußte der Beobachter die Entfernung der beiden Schallreize vergleichen, die in kurzer Zwischenzeit aufeinander folgten. Diese Zwischenzeit reichte aus, um das schallerzeugende Telephon S in die neue Stellung zu bringen und durch Ein- oder Ausschalten von Widerständen die Schallstärke zu variieren. Saß der Beobachter im Raume I, so erkannte er den Entfernungsunterschied von 50 cm in allen Fällen richtig, obgleich, wie gesagt, keine Intensitätsunterschiede mehr im Spiel waren. Hörte er dagegen an den beiden Telephonen im Raume II, so stellte sich keine irgend sichere Entfernungsvorstellung ein. Die über die Entfernung verlangten Urteile waren schwankend, und der Quotient der richtigen Angaben in die Gesamtheit der 120 Einzelversuche blieb merklich in der Nähe von 0,5. Es machte nun keinen wesentlichen Unterschied, ob der Beobachter an beiden oder nur an einem Telephone hörte. Nur darin zeigte sich das Hören an beiden Telephonen überlegen, daß gelegentlich trotz der gleichen Intensität der beiden Schalleindrücke feinere qualitative Unterschiede zur Wahrnehmung gelangten. Zwar vermochte der Beobachter auch mit beiden Telephonen zu Beginn der Versuche nicht zu unterscheiden, ob eine Änderung der Schallintensität durch Annäherung der Schallquelle an die Mikrophone oder durch objektive Verstärkung der Schallquelle hervorgebracht wurde, eine Unterscheidung, die bei Beobachtung im Raume I immer möglich war. Der Ton beharrte in seiner intrakraniellen Medianlokalisation und hatte nur je nach der Schallstärke ein verschiedenes scheinbares Volumen. Immerhin ließen sich allmählich sehr feine qualitative Unterschiede zwischen Annäherung und bloßer Verstärkung der Schallquelle entdecken, die man gleichsam lernen und in ein sekundäres Hilfsmittel zum Erraten der Entfernung umwandeln konnte. Aber unmittelbar kam irgendein sicherer Eindruck der Entfernung nicht zustande.

Um diesen zu erhalten, mußte das gewöhnliche Hören hinzugenommen werden — dann allerdings ergab sich eine Verstärkung der akustischen Plastik, also eine subjektive Vergrößerung der Tiefen-

unterschiede. Man denke sich in Fig. 2 die Scheidewand der beiden Räume I und II hinweg und die Schallquelle S etwa in die Mitte des Dreiecks M_1, T_1 und T_2, M_2 gerückt. Der Beobachter zwischen den beiden Telephonen hörte den Schall sowohl durch Luftleitung, wie durch die Telephone, ähnlich wie bei dem Versuch über akustische Kreuzung (Fig. 3, S. 96). Bei diesem Dreiecksversuch bildeten sich sehr lebendige Entfernungsvorstellungen. Meist erschien die Schallquelle S zunächst näher, und wenn sie sich vom Beobachter entfernte, so erschienen diese Unterschiede größer als sie in Wirklichkeit waren. Wir verstehen diese Steigerung der akustischen Plastik ohne Schwierigkeit aus der Verstärkung des Unterschieds der Erregung für die beiden Ohren durch die mikrophonischen Zusatzreize. Eine genauere Analyse ist aber unter diesen zusammengesetzten Bedingungen nicht gut möglich.

Es bleibt als Hauptergebnis jener negative Befund bei dem reinen Mikrophonversuch: und dieser ist durchaus nicht so selbstverständlich, wie es auf den ersten Blick erscheint. Man wird wohl einwenden, das intrakranielle Schallbild stamme doch aus der Vereinheitlichung zweier von den Telephonmembranen ausgehender Schallreize, von denen jeder, einzeln gegeben, dicht vor das Ohr lokalisiert wird. Es mag hiermit die häufige Neigung zur intrakraniellen Lokalisation zusammenhängen, in vielen Fällen aber wird doch das Schallbild deutlich nach außen, z. B. in einige Entfernung vor das Gesicht, verlegt. Welchem Gesetz eine solche Entfernungsvorstellung folgt, habe ich früher an einem in dieser Weise lokalisierenden Beobachter gezeigt[1]). Also nicht deswegen fehlte in unserem Falle eine sichere Beziehung der Entfernungsvorstellung zu der objektiven Entfernung der Schallquelle, weil es sich um dichotisches Hören überhaupt handelte, sondern weil bei der Aufnahme des Schalls durch die beiden Mikrophone irgendwelche Vorzüge verloren gehen, die als Kennzeichen der Entfernung dienen. Die Auffassung der Schallentfernung könnte an sich auf Veränderungen des Schalleindrucks beruhen, die sich auf dem Wege zwischen Schallquelle und Trommelfell ereignen, einschließlich der durch den Auftreffwinkel bedingten Art der Erregung für das Trommelfell. Daneben steht die Möglichkeit, daß die Art und Weise, wie der Schall an dieser Stelle des Raumes das gesamte Gehörorgan erreicht, also auch der zur gewöhnlichen Luftleitung hinzutretende Anteil der Luft-Knochenleitung, eine Grundlage der Entfernungswahrnehmung abgibt. Beim Mikrophonversuch

1) A. a. O., S. 71, Anm. 1.

ist diese zweite Bedingung gestrichen. Ich nehme ja mit dem Mikrophon den Schall nur von dieser einen Stelle des Raumes weg. Ich habe im Mikrophon bestenfalls nichts anderes als den Schallvorgang, der sich an dieser einen Stelle abgespielt hatte. In Wirklichkeit ist aber das ganze Gehörorgan, eingebettet in den der Luft-Knochenleitung fähigen Schädel, mit seinem Reichtum an äußeren anatomischen Formen, mit seiner Ausstrahlung in Kopf-Knochenleitung, mit seiner Wechselwirkung der Erregungen zur Aufnahme bereit: das ist der Unterschied. Der Mikrophonversuch beweist es, daß die zu dieser zweiten Gruppe gehörenden Vorgänge für die Entfernungsauffassung unerläßlich sind.

Welcher Art diese sind, das wäre leicht zu sagen, wenn man sie gemäß der Tatsache der monotischen Richtungsauffassung einsetzen dürfte. Aber der Gedanke, daß die von jedem Ohre für sich wahrgenommenen Richtungen zusammen die Entfernung bestimmen, findet darin seine Einschränkung, daß auch der streng monotische Beobachter von der Intensität unabhängige Tiefenlokalisationen vollzieht. Nimmt man hier zu Veränderungen der Klangfarbe seine Zuflucht, die als Tiefenzeichen dienen sollen, so hätte unser Mikrophonversuch nicht negativ ausfallen dürfen: denn diese wären bei der Aufnahme des Schalls durch das Mikrophon nicht völlig unwirksam geworden. Aber nicht nur an solchen Schwierigkeiten scheitert einstweilen jeder Versuch einer genaueren Hypothese. Er ist verfrüht, solange noch, unabhängig von jenen besonderen experimentellen Befunden, das Wesen des Zusammenwirkens der beiden Ohren erst seiner Aufhellung harrt.

Es klingt sehr schlicht: aus den beiden selbständigen Richtungswahrnehmungen des linken und des rechten Ohres müßte eine Tiefenwahrnehmung entspringen, und doch ist damit etwas sehr Rätselhaftes behauptet. Der Anschein der Selbstverständlichkeit rührt daher, daß sich zwei Richtungen in einer bestimmten Entfernung schneiden. Aber nicht mit dieser geometrischen Tatsache haben wir es zu tun, sondern mit den Vorgängen, die zu einer Tiefenwahrnehmung führen. Da steht zunächst die Richtungswahrnehmung vor uns, beim beidohrigen Hören als das vermeintliche Ergebnis eines Erregungsunterschiedes in den beiden Ohren, beim einohrigen Hören gebunden an irgendwelche nicht näher bekannte, aber jedenfalls mit der Richtung veränderliche Merkmale des Eindrucks. Was sollen wir uns aber unter dem Zusammenwirken dieser beiden Richtungswahrnehmungen denken? Etwa eine Verschmelzung der Richtungen zur Tiefenwahrnehmung, so wie die Erregungen zunächst zur Rich-

tungswahrnehmung verschmolzen seien? Das wäre eine unheilvolle Vermischung empiristischer und nativistischer Gedankengänge. Oder wieder eine Verschmelzung von Unterschieden der Erregung zu etwas Neuem, eben zur Tiefenwahrnehmung? Aber der Unterschied der Erregungen ist ja bereits von der Theorie in Anspruch genommen; er ist gleichsam schon für die Richtungswahrnehmungen verbraucht. Und doch ist mit ihm auch die Entfernung in eigentümlicher Weise verknüpft. Zu einem einzelnen Erregungsunterschied gehört nicht eine einzelne Richtung des Reizes, sondern je nach der Entfernung sind verschiedene möglich. Theoretisch haben wir uns jedenfalls vorzustellen, daß der Erregungsunterschied, den etwa ein sehr entfernter Reiz in der Nähe der Transversalachse erzeugt, gleich ist dem Erregungsunterschied eines vielleicht nahe der Medianebene gelegenen, aber dafür entsprechend näheren Reizes. Was ist dann also die Grundlage für die doch vorhandene Scheidung der Richtungs- und Entfernungswahrnehmungen? Stammt sie noch aus Elementen des Schallraumes selbst oder ist sie durch Assoziationen mit dem Seh- und Tastraum in diesen eingedrungen? Man sieht, hier kann man keinen Schritt weitergehen, ohne auf ganz allgemeine Fragen der Sinnespsychologie zu stoßen, die weit über den Rahmen dieser Studie hinausweisen.

(Eingegangen am 1. Januar 1918.)

(Aus dem Psychologischen Institut der Universität München.)

Über optische Rhythmik.

Von

Heinz Werner.

Mit 7 Figuren im Text.

Die vorliegende Arbeit ist als Seitenast einer noch nicht abgeschlossenen Untersuchung über motorische Rhythmik während des Winter- und Sommersemesters 1915/16 im Psychologischen Institut der Münchener Universität entstanden. Sie zerfällt in zwei wohl experimentell, jedoch nicht theoretisch völlig voneinander unabhängige Abschnitte. Der erste Teil (fünf Vpn.) sucht die Frage nach der Existenz eines optischen Rhythmus auf experimentellem Wege zu beantworten. Der zweite Teil (vier Vpn.) will das Problem der Abhängigkeit der optisch-rhythmischen Zeitverhältnisse von der subjektiven Einstellung einer Lösung näherführen. —

Mein Dank an Geheimrat Külpe, der in entgegenkommendster Weise mir die Institutsmittel zur Verfügung stellte, kommt zu spät. Vielen Dank schulde ich dem Abteilungsvorstand Herrn Prof. Bühler, der mich in technischen Fragen beriet, und meinen Versuchspersonen.

1. Teil.

Untersuchung über den Tatbestand einer optischen Rhythmik.

Die Frage nach der Existenz eines optischen Rhythmus wird in den seltenen Fällen, in welchen sie überhaupt berührt wurde, mit geringer Ausnahme verneint, obgleich nicht einmal der Versuch einer statistischen Aufnahme unternommen wurde. Die rein introspektive Aussage darüber, ob es ein visuell-rhythmisches Geschehen gibt, kann nur mit Vorbehalt verwendet werden, da sie eine seelische Erscheinung betrifft, welche, zum Unterschied von taktiler und akustischer Rhythmik, biologisch völlig gleichgültig ist. Immer könnte dann ein sich so schüchtern in der Bewußtseinssphäre äußerndes Phänomen so sehr mit analogen, viel gröberen akustischen und motorischen Vorgängen

assoziiert und in der Introspektion verschmolzen sein, daß die Frage nach seinem Bestehen von dem sorglosen Beobachter mit einer durch Verwechslung bedingten vorschnellen Bejahung, von der peinlichen Vp. gerade aus Furcht vor solcher Verwechslung mit Ungewißheit oder Verneinung beantwortet würde. Soll also der Tatbestand mit genügender Sicherheit festgestellt werden, so kann nur eine objektive Methode, die das subjektive Erlebnis bloß zur Kontrolle heranzieht, in Anwendung kommen. Solch eine objektive Methode ergibt sich in der Vergleichung bestimmter Wirkungen eines akustischen und taktilen Rhythmus mit der Wirkung optischer Reihen. Mit relativ einfachen Mitteln ist eine solche Wirkung konstatierbar und meßbar, die von einem perzipierten Rhythmus an einem motorischen, von der Vp. taktierten Rhythmus ausgeübt wird. Je nachdem nun der verändernde Fremdrhythmus auf den aktuellen, d. h. eben in Ablauf befindlichen motorischen Eigenrhythmus oder auf den potentiellen, d. h. auf das Gedächtnis für einen bestimmten motorischen Rhythmus, wirkt, können zwei experimentelle Hauptreihen durchgeführt werden. In beiden Fällen aber wird die verändernde Wirkung der akustischen und taktilen Rhythmen mit denen der optischen Reihen verglichen. Damit wird eine genügend scharfe experimentelle Fragestellung erzielt: Sind die Veränderungen des rhythmisch-motorischen Gedächtnisses oder eines aktuellen Rhythmus durch Einwirkung akustischer oder taktiler Rhythmen denjenigen Variierungen analog, die eine Folge optisch gleicher Reize hervorruft, dann gibt es optische Rhythmik; sind sie nicht analog, dann gibt es keine optische Rhythmik. Ergibt sich nun aber durch die Untersuchung der Tatbestand einer derartigen Analogie, dann können allerdings gegen die daraus gezogene Folgerung eines optischen Rhythmus noch Einwände gemacht, vor allem die Eindeutigkeit der Resultate in Zweifel gezogen werden. Darauf soll später eingegangen werden.

Feststellung eines motorischen Normalrhythmus. Da eine möglichst große Gleichmäßigkeit des von der Vp. durchgeführten Taktierens geboten schien, so kamen mir die Resultate einer früheren Versuchsreihe, die eine Zeitlage ausfindig machte, in der die Konstanz ein Maximum erreichte, zustatten. Im allgemeinen weisen schnelle Rhythmen eine Tendenz zur Verlangsamung, langsame eine solche zur Beschleunigung auf. In einer bestimmten Mittellage neutralisieren sich diese Tendenzen. Die Länge des motorischen Phasenintervalls dieser Zone beträgt ungefähr 1,2 Sek. (Merkwürdig gut stimmt

diese Geschwindigkeit mit der Normalzeit Boltons[1]) überein, innerhalb welcher die Schätzung von Intervallen den geringsten Täuschungen unterliegt.) Ich erhielt diesen »Normalrhythmus« anfänglich als Mittelwert beliebiger motorischer Reihen, die möglichst »angenehm« sein sollten. Daraus erhellt die enge Beziehung zwischen subjektiver Angemessenheit und Konstanz. Freilich ist auch diese »Konstanz« nicht absolut zu nehmen. Es besteht noch immer eine Tendenz, die bei Rhythmen in mittleren Lagen sich um so deutlicher bemerkbar macht, je weiter sie sich von der Normalzeitlage nach abwärts entfernen. Diese Tendenz liegt in einer anfänglichen Beschleunigung, die nach Überschreitung des Maximums in Verzögerung übergeht, um schließlich in einer ziemlichen Konstanz der Geschwindigkeit zu verharren, welche etwas höher ist als die anfängliche[2]).

A. Die Versuche über Störung des motorisch-rhythmischen Gedächtnisses durch fremdrhythmische Reize.

Die Apparatur. Wie sonst bei dieser Untersuchung wurden die rhythmischen Reize mittels des Meumannschen Zeitsinnapparates, der in einem vom Versuchszimmer getrennten Raum stand und durch das Uhrwerk eines Kymographions betrieben wurde, erzeugt. Die anfänglich verwendeten Federkontakte wurden durch Kugelkontakte ersetzt. Der Apparat war (bei Verwendung optischer Reize über ein Induktorium) leitend verbunden mit den im Versuchszimmer selbst aufgestellten Endapparaten: dem Schallhammer, dem schalldichten Funkenkästchen und dem Tasthammer. Der elektromagnetische Tasthammer ist dem Schallhammer ganz analog gebaut, nur enthält er am freien Ende des Hebels eine in einer Korkhülle auswechselbare Holzspitze, die gegen die Fingerbeere der Vp. zu drücken hat; durch Filz- und Holzverschalung der Spulen wurde vollständige Schalldichtigkeit erzielt. Zur Erzielung größerer optischer Reize wurde eine Geißlersche Röhre verwendet. Anschläge und Funkenfolge der drei Endapparate wurden durch einen elektromagnetischen Hebel an einem Schleifenkymographion registriert und mittels Fünftelsekunderegistrierung gemessen. Zur Erzeugung eines motorischen Rhythmus drückte die Vp. mittels

1) Amer. Journ. Psychol. VI. S. 186.

2) Bei schnellen Rhythmen verläuft diese Doppeltendenz im umgekehrten Sinne, worüber Näheres erst bei Mitteilung der Untersuchung über motorische Rhythmik gesagt werden kann.

eines lautlosen Stahlhebels einen Kautschukball. Der Druck pflanzte sich durch einen langen Schlauch in eine am Schleifenkymographion befestigte Mareysche Kapsel fort und wurde so ebenfalls aufgezeichnet. (Die pneumatische Übertragung steht hinter der festen Hebelübertragung an Genauigkeit der Aufschreibung nicht zurück, wie Kontrollversuche zeigten.)

Vorversuchsreihe über ungestörtes rhythmisches Gedächtnis.

Da es sich darum handelte, die Einwirkung einer rhythmischen Reihe auf einen latent vorhandenen, d. h. im Gedächtnis gebliebenen motorischen Rhythmus zu untersuchen, so mußte vorerst eine Versuchsreihe unternommen werden, die bestimmt, ob und wie sich ein Rhythmus allein schon durch seine Aufbewahrung im Gedächtnis ändert. Als Ergebnis dieses Versuchs wurde der Tatbestand gewonnen, daß schnelle Reihen sich im Gedächtnis zusammenschieben, langsame hingegen ebenso gleichmäßig zerdehnen. Diese Tendenz des motorischen Gedächtnisses ist fast unmerklich bis zu einer Ruhezeit von 1 Minute. Auch hier zeigt sich die neutralisierende Wirkung der »normalen« Zeitzone. »Normalrhythmen« gehören nun allerdings zu jenen langsamen Reihen, die durch gedächtnismäßige Aufbewahrung eine Zerdehnung erfahren, jedoch ist hier diese Tendenz zum Minimum geworden. Die Zerdehnungstendenz ist demnach minimal 1) innerhalb der Latenz von einer Minute (über die die Versuche der Hauptreihe nicht hinausgehen) und 2) innerhalb des motorischen Normalintervalls von 1,2 Sek. Tatsächliches und Theoretisches darüber ist einer anderen Arbeit mitzuteilen vorbehalten. Hier mögen bloß drei typische Reihen herausgegriffen werden, welche die dargelegten Veränderungen durch Latenz gut zeigen. Die einander folgenden Bruchzahlen einer Reihe bedeuten das arithmetische Mittel je dreier aufeinander folgender motorischer Intervalle in Sekunden:

1. Schneller motorischer Rhythmus (Vp. Be).

Ursprünglich:	$\frac{6,5}{15}$,	$\frac{7,2}{15}$,	$\frac{6,8}{15}$,	$\frac{7}{15}$,	$\frac{7,5}{15}$,	$\frac{7,2}{15}$,	$\frac{7}{15}$,	$\frac{7}{15}$,	$\frac{6,5}{15}$,	$\frac{6,5}{15}$ …
Nach Latenz von 1 Min.:	$\frac{6,5}{15}$,	$\frac{6,5}{15}$,	$\frac{7,2}{15}$,	$\frac{7,5}{15}$,	$\frac{7}{15}$,	$\frac{7}{15}$,	$\frac{7}{15}$,	$\frac{6,5}{15}$,	$\frac{6,5}{15}$ ……	
Nach Latenz von 3 Min.:	$\frac{6,5}{15}$,	$\frac{6,5}{15}$,	$\frac{6,5}{15}$,	$\frac{7}{15}$,	$\frac{7}{15}$,	$\frac{7}{15}$,	$\frac{7}{15}$,	$\frac{6,5}{15}$,	$\frac{6,5}{15}$ ……	
Nach Latenz von 5 Min.:	$\frac{6,2}{15}$,	$\frac{6,8}{15}$,	$\frac{6,8}{15}$,	$\frac{6,2}{15}$,	$\frac{6}{15}$,	$\frac{6}{15}$,	$\frac{6,2}{15}$ ……………			

2. Normalrhythmus (Vp. Li).

Ursprünglich: $\frac{19}{15}, \frac{18{,}8}{15}, \frac{18{,}8}{15}, \frac{18{,}8}{15}, \frac{18{,}8}{15}, \frac{18{,}8}{15}$ . . . .

Nach Latenz von 1 Min.: $\frac{19}{15}, \frac{19}{15}, \frac{18{,}5}{15}, \frac{18{,}8}{15}, \frac{18{,}8}{15}, \frac{18{,}8}{15}$ . . . .

Nach Latenz von 3 Min.: $\frac{19}{15}, \frac{19}{15}, \frac{18{,}8}{15}, \frac{18{,}8}{15}, \frac{19{,}5}{15}$ . . . .

Nach Latenz von 5 Min.: $\frac{19{,}2}{15}, \frac{19}{15}, \frac{18{,}8}{15}, \frac{19}{15}, \frac{19}{15}$ . . . .

3. Langsamer motorischer Rhythmus (Vp. Ra).

Ursprünglich: $\frac{27}{15}, \frac{25{,}5}{15}, \frac{25{,}5}{15}, \frac{25{,}5}{15}, \frac{25{,}5}{15}, \frac{27}{15}, \frac{25{,}5}{15}, \frac{27}{15}, \frac{25{,}5}{15}$ . .

Nach Latenz von 1 Min.: $\frac{27}{15}, \frac{25{,}8}{15}, \frac{25{,}8}{15}, \frac{25{,}5}{15}, \frac{26{,}8}{15}, \frac{25{,}8}{15}, \frac{25{,}8}{15}, \frac{25{,}8}{15}$ . . . .

Nach Latenz von 3 Min.: $\frac{36}{15}, \frac{35{,}4}{15}, \frac{33}{15}, \frac{30}{15}, \frac{34{,}5}{15}, \frac{33}{15}, \frac{33{,}6}{15}, \frac{33}{15}, \frac{33}{15}$ . . . . .

Nach Latenz von 5 Min.: $\frac{33}{15}, \frac{28{,}5}{15}, \frac{28}{15}, \frac{33}{15}, \frac{33}{15}, \frac{36}{15}, \frac{31{,}5}{15}, \frac{31{,}5}{15}$ . . . .

Durch die Einhaltung der Latenzzeit von 1 Minute und des Normalintervalls ist also der verändernde Einfluß, der durch die bloße gedächtnismäßige Aufbewahrung erzeugt wird, auf ein Minimum herabgedrückt.

Hauptversuchsreihe.

1) Versuchsanordnung und Aufgabe. Die Normalzeit = 1,2 Sek. wurde mittels Metronom angegeben, die Vp. hatte synchron auf Filz mitzudrücken. Nach vier Schlägen setzte das Metronom aus, der erhaltene Takt wurde von der Vp. augenblicklich auf den Schallhebel übertragen und registriert. Beim Auftreten genügender Konstanz hielt die Vp. inne und wurde verhalten, sich in die nun auftretende Reizreihe (akustischer, taktiler und optischer Art) bei möglichst vollständiger Unterdrückung der Mitbewegungen und Mitempfindungen einzuleben. Nach genügender subjektiver Erfassung wurde die Reizreihe sistiert, und nun mußte der ursprüngliche motorische Rhythmus wieder reproduziert werden. Die Reizreihen waren inhaltlich und zeitlich vollkommen gleichförmig. Die Variierung des Intervalls erfolgte innerhalb der Zeitlage von 0,16—2,4 Sek. in Abstufungen, welche im allgemeinen $^1/_{10}$ Sek. betrug. Nur solche Versuchsreihen wurden verwertet, bei denen das Bewußtsein der Identität des ursprünglichen und reproduzierten motorischen Rhythmus vorhanden war.

2) Ergebnisse.

a) Störung des rhythmischen Gedächtnisses durch akustische Reihen. Durch Einführung akustischer Reihen während der Latenz wird eine typische Veränderung des motorischen Rhythmus hervorgerufen. Der reproduzierte Rhythmus ist durchwegs langsamer. Am geringsten ist der Unterschied bei großer Ähnlichkeit des perzipierten und motorischen Rhythmus und in dem Falle eines scharf bestimmten Verhältnisses der beiden Intervalle. Je größer der Unterschied des rezipierten Intervalls von dem motorischen ist, desto größer der Unterschied der ursprünglichen und reproduzierten motorischen Taktfolge. Das Minimum dieser Veränderung ist also bei normalzeitlicher Reizreihe, das Maximum gegen die obere und untere Geschwindigkeitsgrenze der akustischen Folge zu finden. Eine zweite typische Veränderung liegt in einer außerdem auftretenden Tendenz, deren Richtung abhängt von der Geschwindigkeit der störenden Rhythmen: bei Einwirkung von Reihen, deren Intervall größer ist als 1,2 Sek., tritt eine Tendenz zur Beschleunigung während des motorischen Reproduzierens ein; bei Einwirkung von Reihen, deren Intervall kleiner ist als das des Normaltaktes, tritt Tendenz zur Verzögerung auf. Diese Tendenzen hören nach einer gewissen Zahl von Taktschlägen zu wirken auf und weichen einer annähernden Konstanz. Die Schnelligkeit, mit der Konstanz erreicht wird, ist individuell. Es kommt vor, daß die auftretende Beschleunigung im Falle langsamer akustischer Störrhythmen so energisch wirkt, daß das erreichte konstante motorische Intervall kleiner ist als das ursprüngliche.

Ich setze zwei typische Fälle von motorischer Gedächtnisstörung durch akustische Rhythmen hierher, entsprechend den beiden polaren Tendenzen bei langsamer oder schneller Störrhythmik. Die aufeinander folgenden Zahlen bedeuten das Intervallmittel je zweier sukzessiver Intervalle, ausgedrückt in Zehntelsekunden.

Motorische Rhythmen.

a) Ursprünglich: 13; 13; 13; 13; 13.
Nach Störung (akustisches Störungsintervall = 2,1 Zehntelsekunden): 14,5; 14,5; 14,5; 14,2; 14,2; 13,8.

b) Ursprünglich: 14,2; 14; 13,8; 14,2; 13,8.
Nach Störung (akustisches Störungsintervall = 0,3 Zehntelsekunden): 16; 17,5; 18; 18,5; 19,5; 19,5; 19,5.

b) Störung des rhythmischen Gedächtnisses durch taktile Reihen. Es treten die gleichen typischen Störungen auf wie bei akustischer Rhythmik. Es verlangsamt sich demnach der Rhythmus in seiner Gesamtheit; gleichzeitig tritt eine deutliche Veränderungstendenz auf, die sich nach schnellen Störrhythmen als Verzögerung, bei langsamer Störrhythmik als Beschleunigung äußert. Jedoch sind alle diese verändernden Wirkungen gegenüber der akustischen Reihe stark gemindert. Zwei typische Beispiele sollen auch hier das Ergebnis illustrieren:

Motorische Rhythmen.

a) Ursprünglich: 14; 14; 14; 14.
Nach Störung (taktiles Störungsintervall = 2,1 Zehntelsekunden): 14,5; 14; 13,8; 13,8.

b) Ursprünglich: 13,6; 13,6; 13,6.
Nach Störung (taktiles Störungsintervall = 0,3 Zehntelsekunden): 14; 14,4; 14,4; 14,4.

c) Störung der rhythmischen Gedächtnisses durch optische Reihen. Die Analogie zu den obenerwähnten typischen Störungsformen des akustischen und taktilen Rhythmus ist eine vollkommene. Es tritt nach der visuellen Einwirkung sowohl eine allgemeine Verlangsamung des motorischen Taktierens als auch eine Tendenz der Verzögerung bei raschen, der Beschleunigung bei langsamer optischen Reizfolge auf. Die Wirkungskraft der Störung durch die Lichtpunkte ist geringer als die der akustischen, größer als die der taktilen Beeinflussung.

Motorische Rhythmen.

a) Ursprünglich: 12,5; 12,5; 12,5; 12,2; 12,5.
Nach Störung (optisches Störungsintervall = 2,1 Zehntelsekunden): 14; 13,8; 13,5; 13.

b) Ursprünglich: 13,5; 13,5; 13,5; 13,5.
Nach Störung (optisches Störungsintervall = 0,3 Zehntelsekunden): 14; 14,2; 14; 14,2; 14,5.

Die folgenden drei Übersichten[1]) fassen die Ergebnisse der drei Störungsreihen qualitativ zusammen.

1) Die ursprünglich beabsichtigte Tabellarisierung der Ergebnisse mußte wegen der jetzt bestehenden Schwierigkeiten des Druckes und der hohen Kosten unterbleiben. Die hier gebotene Vereinfachung der Darstellung, welche die Übersicht relativ am wenigsten beeinträchtigen dürfte, fußt auf einem Vorschlag des Herrn Herausgebers, wofür ihm mein herzlicher Dank ausgesprochen sei.

Die Aufeinanderfolge, in der die störenden Intervalle nacheinander zur Wirkung kommen, war in allen Reihen identisch. (Bloß in der zweiten Hauptreihe mit Unterbrechung durch taktile Rythmen fehlt das Intervall 1,1.) Diese Intervalle sollen nun im folgenden durch kleine Ziffern bezeichnet werden. Dann ist folgendes:

Die Sukzession der störenden Reihen mit dem (in Sekunden ausgedrückten) Intervall:

1) 0,16; 2) 0,2; 3) 0,3; 4) 0,4; 5) 0,5; 6) 0,6; 7) 0,7; 8) 0,8; 9) 0,9; 10) 1,0; 11) 1,1; 12) 1,15; 13) 1,2; 14) 1,3; 15) 1,4; 16) 1,5; 17) 1,6; 18) 1,7; 19) 1,8; 20) 1,9; 21) 2,0; 22) 2,1; 23) 2,2; 24) 2,3; 25) 2,4.

Wir bezeichnen durch: $> = <$ das zeitliche Größenverhältnis, welches das motorische Intervall nach der Störung zu dem vor der Störung besitzt, ferner mit Z die Tendenz der Verzögerung, mit S die Tendenz der Beschleunigung der motorischen Reihe nach der Störung, durch S! die Tatsache, daß trotz anfänglicher Verlangsamung der motorischen Folge nach Störung durch die Tendenz der Beschleunigung die Geschwindigkeit der vorhergehenden ungestörten Reihe allmählich erreicht oder überschritten wird. Dann wird beispielsweise der erste Satz der ersten Hauptreihe: [Vp. Wü: 1) $> Z$] so zu lesen sein: »Ein akustischer Störungsrhythmus, der während der motorischen Latenzzeit einwirkt und dessen Intervall 1) = 0,16 Sek. beträgt, bewirkt, daß der motorische Rhythmus nach der Störung langsamer ist als vorher, jedoch allmählich durch die Tendenz einer Verzögerung bis zu einem gewissen Tiefstande hin noch schleppender wird.« Und der letzte Satz der ersten Hauptreihe bei derselben Vp. Wü: [25) $> S$] bedeutet: »Der akustische Störungsrhythmus (Intervall 25) = 2,4 Sek.) bewirkt eine Verlangsamung des motorischen Rhythmus nach der Störung; die auftretende Tendenz einer Beschleunigung steigert jedoch die Geschwindigkeit bis zu einer gewissen Schnelligkeit (die allerdings noch immer hinter der ursprünglichen ungestörten zurückbleibt).«

1) Motorisch-rhythmische Gedächtnisversuche mit Unterbrechung durch akustische Rhythmen.

a) Vp. Wü:

1) $> Z$; 2) $> Z$; 3) $> Z$; 4) $> Z$; 5) erst Z, dann S; 6) $> Z$; 7) $> Z$; 8) $> Z$; 9) $> Z$; 10) $> S$; 11) $> S$; 12) $> S$; 13) $> =$; 14) $> S$!; 15) $> Z$; 16) $> S$!; 17) $> S$!; 18) $> S$; 19) $> S$; 20) $> S$; 21) $> S$; 22) $> S$; 23) $> S$; 24) $> S$; 25) $> S$.

b) Vp. Ra:

1) = Z; 2) > Z; 3) > Z; 4) > Z; 5) > Z; 6) > Z; 7) > S; 8) > S; 9) > Z; 10) > S; 11) > Z; 12) > =; 13) = =; 14) > =; 15) > S!; 16) > S!; 17) > S!; 18) > S!; 19) > S!; 20) > S!; 21) > S!; 22) > S; 23) > S; 24) > S; 25) > S.

c) Vp. Be:

1) > Z; 2) > Z; 3) > Z; 4) ? Z; 5) > Z; 6) = Z; 7) = Z; 8) = S; 9) > Z; 10) > S; 11) > Z; 12) > Z; 13) > =; 14) > S; 15) > S; 16) > S; 17) > S; 18) > S!; 19) > S; 20) = S; 21) > S; 22) > S; 23) > S; 24) > ?; 25) ? ?.

d) Vp. Li.

1) > Z; 2) > Z; 3) > Z; 4) > Z; 5) > Z; 6) > Z; 7) > S; 8) > Z; 9) = S; 10) > Z; 11) > Z; 12) = Z; 13) = =; 14) > S; 15) > S; 16) > S; 17) > S; 18) > S!; 19) > S; 20) > S; 21) > S; 22) > S; 23) > S; 24) = ?; 25) > ?.

e) Vp. So:

1) > =; 2) > Z; 3) > Z; 4) > Z; 5) > Z; 6) ? ?; 7) > Z; 8) > Z; 9) > Z; 10) > Z; 11) > Z; 12) > =; 13) > S; 14) > S; 15) > S; 16) > S; 17) > S; 18) > S; 19) > S; 20) > S; 21) > S; 22) > S; 23) > S; 24) > S; 25) > S.

2) Motorisch-rhythmische Gedächtnisversuche mit Unterbrechung durch taktile Rhythmen.

a) Vp. Wü:

1) ?[1]) 2) > Z; 3) > Z; 4) = =; 5) > Z; 6) > Z; 7) > Z; 8) > Z; 9) > Z; 10) > Z; 12) > Z; 13) > =; 14) = S; 15) = S; 16) > S; 17) > S; 18) > =; 19) > =; 20) > S; 21) > S; 22) > S; 23) > S; 24) > S; 25) > =.

b) Vp. Ra:

1) ?[1]); 2) > Z; 3) > Z; 4) > Z; 5) > Z; 6) = =; 7) > Z; 8) > Z; 9) > Z; 10) > Z; 12) > Z; 13) > =; 14) > S; 15) > S; 16) > S; 17) > S; 18) > S!; 19) = S!; 20) > S!; 21) < S!; 22) > S; 23) > S; 24) = =; 25) > S.

c) Vp. Be:

1) ?[1]) 2) > Z; 3) > Z; 4) > Z; 5) = Z; 6) = Z; 7) > Z; 8) > =; 9) > Z; 10) > Z; 12) > Z; 13) = =; 14) = =; 15) > S; 16) > S; 17) > S; 18) > S; 19) > =; 20) > =; 21) > S; 22) > S!; 23) > S; 24) > S; 25) > S.

d) Vp. Li:

1) ?[1]); 2) > Z; 3) > Z; 4) > Z; 5) > Z; 6) = =; 7) > =; 8) > Z; 9) > Z; 10) > Z; 12) > =; 13) > =; 14) > =; 15) > S; 16) > S!, 17) > S; 18) > S; 19) > S; 20) > S; 21) > S; 22) > S; 23) > S; 24) > S; 25) > S.

e) Vp. So:

1) ?[1]); 2) > Z; 3) > Z; 4) > Z; 5) > Z; 6) = Z; 7) > Z; 8) > Z; 9) > Z; 10) > Z; 12) > Z; 13) > =; 14) > S!; 15) > S; 16) > S; 17) = =; 18) = =; 19) = =; 20) > S; 21) > S; 22) > S; 23) > =; 24) > S; 25) = S.

---

1) Taktiler Rhythmus verschwommen.

3) Motorisch-rhythmische Gedächtnisversuche mit Unterbrechung durch optische Rhythmen.

a) Vp. Wü:

1) > ?; 2) > *Z*; 3) > *Z*; 4) > *Z*; 5) > *Z*; 6) > *Z*; 7) > *Z*; 8) > *Z*; 9) > **erst** *S*, **dann** *Z*; 10) = =; 11) > *Z*; 12) > *Z*; 13) > =; 14) > *S*; 15) > *S*; 16) > *S*; 17) > *S*; 18) > *S*; 19) > *S*; 20) > *S*; 21) > =; 22) > *S*; 23) > *S*; 24) > *S*; 25) > *S*.

b) Vp. Ra:

1) ? ?; 2) > *Z*; 3) > *Z*; 4) > *Z*; 5) > *Z*; 6) > *Z*; 7) > *Z*; 8) > *Z*; 9) > *Z*; 10) > *Z*; 11) = =; 12) > *S*; 13) > =; 14) > *S*; 15) > *S*; 16) > *S*!; 17) > *S*; 18) > *S*!; 19) > *S*; 20) > *S*!; 21) > =; 22) > *S*; 23) > *S*; 24) > *S*; 25) > *S*.

c) Vp. Be:

1) ? ?; 2) > *S*; 3) > *Z*; 4) > *Z*; 5) > *Z*; 6) > *Z*; 7) > *Z*; 8) = =; 9) > *Z*; 10) > =; 11) > *Z*; 12) = *Z*; 13) > =; 14) > *S*; 15) > *S*!; 16) > *S*; 17) > *S*; 18) > *S*!; 19) > *S*!; 20) > *S*; 21) > *S*; 22) > *S*; 23) > *S*; 24) > *S*; 25) > *S*.

d) Vp. Li:

1) ? ?; 2) < *Z*; 3) > *Z*; 4) > *Z*; 5) > *Z*; 6) > *Z*; 7) > *Z*; 8) = *Z*; 9) > *Z*; 10) > *Z*; 11) = =; 12) > *S*; 13) = *S*; 14) > *S*; 15) > *S*!; 16) > *S*; 17) > *S*; 18) > *S*; 19) > *S*!; 20) > *S*; 21) > *S*; 22) > *S*; 23) > *S*!; 24) > *S*; 25) > *S*.

e) Vp. So:

1) ? ?; 2) > *Z*; 3) > *Z*; 4) > *Z*; 5) > *Z*; 6) > **erst** *S*, **dann** *Z*; 7) > **erst** *S*, **dann** *Z*; 8) < =; 9) > *Z*; 10) > *S*; 11) > *S*; 12) > *S*; 13) > =; 14) > *S*!; 15) > *S*; 16) > *S*; 17) > *S*; 18) > *S*!; 19) > *S*!; 20) > *S*!; 21) > *S*!; 22) > *S*!; 23) > *S*; 24) > *S*; 25) > *S*.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die rein optischen Reihen stören einen latenten motorischen Rhythmus in vollkommen gleicher Weise wie taktile und akustische Rhythmen. Die Stöıung besteht in einer Zerdehnung des motorischen Intervalls und in einer anfangs kontinuierlich wirkenden Tendenz der Verlangsamung bei schnellen, der Beschleunigung bei langsamen Störungsrhythmen. Nach dem Prinzip der gleichen Ursächlichkeit bei gleicher Wirkung könnte demnach angenommen werden, daß auch optische Reihen in sich rhythmische Elemente enthalten, und daß es diese seien, welche jene Veränderung hervorrufen.

Kontrollversuch. Allein schon hier mußte ein Einwand auf seine Berechtigung experimentell geprüft werden. Könnte es nicht sein, so lautet er, daß jene erwähnten Tendenzen nicht durch Rhythmik als spezifisches Phänomen, sondern durch Einprägung der bloßen Intervalle der aufeinander folgenden optischen Reize hervorgerufen

werden? Es ist doch nicht gekünstelt, anzunehmen, daß wir das sich gleichbleibende Intervall der perzipierten Reihe schätzend erfassen und dadurch unser Gedächtnis für den ursprünglich motorischen Rhythmus verschlechtern.

Um diesen Einwand zu prüfen, wurde den Vpn. während der Latenzzeit ein optisch begrenztes Intervall, in Wiederholung, vollkommen unrhythmisch gelagert, vorgelegt mit der Aufgabe, dieses Intervall intensiv zu erfassen. Die Folge dieser Ablenkung war eine ganz geringe Langsamkeitszunahme innerhalb der Ruhezeit von 1 Minute, Tendenzen jedoch, wie sie allemal bei rhythmisch gelagerten Reizen auftraten, blieben aus. Damit glaube ich jenen Einwand beseitigt und für die Annahme, daß die visuelle Punktreihe im Sinne eines Rhythmus wirkt, Wahrscheinlichkeit gewonnen zu haben[1]).

Zur Theorie der Störung.

Die theoretische Erklärung jener deutlich ausgesprochenen Störungserscheinung muß bei der Beziehung zwischen dem Erlebnis des zeitlichen Ablaufs und den dabei beteiligten psychischen Massen anknüpfen. Es ist von mir in einer früheren Untersuchung als sicheres Ergebnis gewonnen worden, daß in mittlerer Zeitlage jeder Abzug psychischer Massen von einer motorisch durchgeführten Taktfolge bei Bewußtsein des gleichen Ablaufs eine objektiv meßbare Zeitverkürzung zur Folge hat. So bedingt Ablenkung der Aufmerksamkeit eine Beschleunigung des aktuellen motorischen Rhythmus. Das zeitliche Ablaufsbewußtsein ist in subjektiv-extensiver Hinsicht stark abhängig von den dabei beteiligten Energien. Je rascher eine motorische Reihe abläuft, desto größer ist die Energiemenge, die im zeitlichen Querschnitt des Bewußtseins ins Rollen kommt. Es bildet sich eine enge Verknüpfung zwischen Energieverbrauch und Geschwindigkeitsablauf heraus, so daß es plausibel ist, anzunehmen, es sei jene Anstrengung, die aus der rascheren Abfolge eines psychischen Geschehens bei sonst gleicher Intensität der Inhalte erfolgt, verwechselbar mit jener Anstrengung, die bei gleicher Abfolge aus der größeren Intensität der dabei beteiligten Inhalte hervorgeht. Wir gelangen so zu einem vorläufig

1) Der Einwand, daß es Summationswirkung sein könnte, die im Falle unrhythmisch gelagerter Intervalle fehlt, kann für schnelle Rhythmen, nicht aber für langsame Rhythmen gelten, wo der geringe Unterschied der absoluten Zahl der rhythmisch und unrhythmisch gelagerten Intervalle eine wenn auch schwache Tendenz erwarten ließe.

noch hypothetischen Gesetz, das lautet: Je größer psychische Energieumsetzungen unter sonst gleichen Umständen sind, desto beschleunigter erscheint ein zeitlicher Ablauf.

Die Anwendung auf das vorliegende Ergebnis ist klar. Die innere Anstrengung, einen latenten Rhythmus motorisch wieder zu reproduzieren, ist um so größer, je mehr das Gedächtnis hierfür gestört ist. Durch nichts kann aber das Gedächtnis mehr verwirrt werden als durch einen gleichzeitigen Vorgang, der in bestimmter Hinsicht eine Verschiedenheit aufweist, hier also durch einen Rhythmus mit geändertem Intervall. So ist die allgemeine Verlangsamung der reproduzierten Reihe als Kompensation des durch die innere Anstrengung bedingten Beschleunigungseindrucks die Folge. Um nun auch jene Tendenzen zu deuten, knüpfen wir an die wohl allgemein zugegebene Tatsache der Triebhaftigkeit jedes rhythmischen Geschehens an. Nirgends ist psychische Nachwirkung so ausgeprägt wie bei triebbetonten Zuständen. So muß angenommen werden, daß jeder perzipierte Rhythmus in dem Sinne fortwirkt, als seine spezifische Schnelligkeit die folgende motorische Taktierung sich anzupassen sucht. Dieser psychischen Trägheit wirkt nun eine Tendenz entgegen, die den ursprünglichen Rhythmus herstellen will und daher zu jener in Kontrast tritt. Daß durch das Auftreten derartiger Kontrasttendenzen im allgemeinen eine Verlangsamung erzielt wird, wurde eben erwähnt. Ferner aber ist klar, daß außerdem jene Tendenz nach schnellen Störrhythmen kontrastierend in einer Verzögerung, nach langsamen Störrhythmen in einer Beschleunigung besteht, die um so geringer ist, je weiter die Taktierung fortschreitet und sich daher in einer Konstanz wiederum verliert.

B. Simultanstörungsversuche an einem motorischen Rhythmus durch fremdrhythmische Reize.

1) Vorversuchsreihe über Rhythmus und arrhythmische Ablenkung. Soll das mögliche Ergebnis der Veränderung eines aktuellen motorischen Rhythmus durch Einwirkung eines fremdrhythmischen Geschehens nicht schon in der Hinsicht zweideutig sein, daß jener verändernde Einfluß ebensogut auf den Fremdrhythmus wie auf die Aufmerksamkeitsablenkung allein zurückgeführt werden könnte, so muß vorher festgestellt werden, in welcher Weise möglichst rhythmische Ablenkungsfaktoren an sich einen aktuellen rhythmischen Vorgang variieren können. Als ablenkende Elemente einer zu diesem Zweck unternommenen Versuchsreihe benutzte ich, um den Verdacht einer motorischen Rhythmie auszuschließen,

Ziffern, die ich der Vp. bei geschlossenen Augen während ihres Taktierens auf die Hand schrieb und deren Tastbilder sie zu lesen hatte. Es handelt sich dabei fast ausschließlich um amotorische Tätigkeit des Vorstellungsbewußtseins. Die Ergebnisse wurden oben berührt: es konnte als Resultat dieser Reihe, die ich auch mit anderen Ablenkungsfaktoren durchführte, festgestellt werden, daß jede Ablenkung durch arrhythmische psychische Massen den aktuellen Rhythmus beschleunige.

2) Hauptreihe.

a) Versuchsanordnung. Wie in der vorhergehenden Untersuchung wird auch hier der Vp. der Normalrhythmus von 1,2 Sek. angegeben[1]). Während des Taktierens erscheint eine akustische, haptische oder optische Reihe, in die sich die Vp. vollständig einzuleben hat, wobei sie jedoch den taktierten Rhythmus nicht aus dem Auge verlieren darf. Es wird also gewissermaßen eine Spaltung des Bewußtseins verlangt, auf deren theoretische Deutung einzugehen unnötig ist. Es genügt uns, festzustellen, daß diese Versuchsforderung von allen Vpn. eindeutig verstanden wurde. Die störenden Rhythmen bewegen sich in Intervallen zwischen 0,2 und 2,4 Sek. mit Abstufungen von je einer Zehntelsekunde.

b) Ergebnisse. Wir stellen vorerst die Ergebnisse in drei Tafeln entsprechend den drei Störungsarten zusammen.

Übersicht der Ergebnisse bei gleichzeitig akustischer, optischer oder taktiler Störung.

In diesen drei Hauptreihen ist die Reihenfolge, in welcher die verschiedenen störenden Rhythmen einwirkten, durchaus die gleiche. Die entsprechenden Intervalle der 23 Störrhythmen sollen mit kleinen Buchstaben bezeichnet sein.

Die Reihenfolge der störenden Intervalle (ausgedrückt in Sekunden).

a) 0,2; b) 0,3; c) 0,4; d) 0,5; e) 0,6; f) 0,7; g) 0,8: h) 0,9; i) 1,0; k) 1,1; l) 1,2; m) 1,3; n) 1,4; o) 1,5; p) 1,6; q) 1,7; r) 1,8; s) 1,9; t) 2,0; u) 2,1; v) 2,2; w) 2,3; x) 2,4.

1) Es wird aufgefallen sein, daß die Taktierung jedoch immer langsamer von der Vp. durchgeführt wird als die vorgegebene Normalzeit beträgt. Der Grund ist auch hier theoretisch derselbe wie bei den übrigen motorischen Verlangsamungen: die hinzutretende Anstrengung, ohne das Hilfsmittel des Metronoms den Takt durchzuführen, bewirkt diese objektive zeitliche Verschiebung, welche durch Übung geringer wird. Die Verlangsamung verändert die Konstanz des ungestörten Rhythmus nicht allzu sehr.

Auf das derart durch einen Kleinbuchstaben bezeichnete Störungsintervall folgt nun ein Verhältnis, dessen Vorderglied die Intervallzeit des ungestörten, dessen Hinterglied die Intervallzeit des gestörten motorischen Rhythmus bezeichnet. Beide Zeiten sind in Zehntelsekunden ausgedrückt. Durch einen Beistrich von diesem Verhältnis getrennt, ist in einem zweiten Satz festgestellt, ob eine Anpassungsstörung vorliegt und welcher Art sie ist. *Ap* bedeutet, daß eine Anpassung erfolgt ist. In diesem Falle erklärt die in Klammern stehende Zahlenbeziehung das Anpassungsverhältnis des sensorischen (akustischen, optischen, taktilen) Störintervalles (Vorderglied) zum motorischen Intervall (Hinterglied). Ein wagerechter Strich bezeichnet das Fehlen der Anpassung. Sonstige Bemerkungen sind in Klammern beigesetzt.

Ein Beispiel soll der Erläuterung dienen. Es bedeuten die in der 1. Hauptreihe (akustische Störung) an dritter Stelle stehenden Ergebnisse bei Vp. Be: [Vp. Be: c) 14 : 16, *Ap* (4 : 1)] »Die Intervallzeit des ungestörten motorischen Rhythmus beträgt 14 Zehntelsekunden = 1,4″, die Intervallzeit während der akustischen Störung vergrößert sich auf 1,6″; Anpassung an den tonalen Takt ist vorhanden, und zwar kommt ein motorisches Intervall auf je vier akustische Intervalle«.

1) Ergebnisse bei gleichzeitig akustischer Störung.

Vp. Be:

a) 15 : 15, zufäll. Zusammenklang;	b) 12 : 14, *Ap* (gering);	c) 14 : 16, *Ap* (4 : 1);
d) 14 : 14, *Ap* (gering);	e) 13 : 13,6, ——;	f) 13,6 : 14, ——;
g) 15 : 16, *Ap* (2 : 1);	h) 16 : 18, *Ap* (2 : 1);	i) 16 : 20, *Ap* (2 : 1);
k) 15 : 16, ——;	l) 15 : 17 (18), ——;	m) 15 : 15, ——;
n) 15 : 15,5, ——;	o) 14 : 15, *Ap* (1 : 1);	p) 15 : 16, *Ap* (1 : 1);
q) 13,5 : 14, ——;	r) 16 : 18, *Ap* (1 : 1);	s) 16 : 16,2, ——
t) 14 : 15, *Ap* (gering))	u) 14 : 15, *Ap* (gering);	v) 13,6 : 15, *Ap* (2 : 3);
w) 7,5 : ?, $Ap\,{(2:3) \atop (1:2)}$	x) 14,5 : 15, ——.	

Vp. Ra:

a) 18 : 20, ——;	b) 18 : 20, ——;	c) 16 : 18, ——;
d) 17 : 19, *Ap* (gering);	e) 16 : 18, *Ap* (3 : 1);	f) 17 : 21, *Ap* (3 : 1);
g) 15,5 : 16, *Ap* (2 : 1);	h) 14 : 14,5, ——;	i) 14 : 14,5, ——;
k) 15 : 17, *Ap* (gering);	l) 15 : 17, *Ap* (gering);	m) 12 : 13; *Ap* (1 : 1);
n) 12,2 : 14, *Ap* (gering);	o) 12,5 : 13, ——;	p) 12 : 13,4, ——;
q) 12 : 13,4, ——;	r) 14 : 12, *Ap* (2 : 3);	s) 13 : 12,4, *Ap* (2 : 3);
t) 14 : 13,5, *Ap* (2 : 3);	u) 13 : 14, *Ap* (2 : 3)	v) 15 : 14,6, zufäll. Zusammen-[hang;
w) 14 : 14,2, ——;	x) 16 : 17,4, ——.	

Vp. Wü:

a) 12 : 12, ——; b) 10 : 8, *Ap* (?, 8 : 3); c) 12 : 13, *Ap* (?, 4 : 1);
d) 12 : 12,4 ——; e) 11,8 : 12, *Ap* (2 : 1) f) 12,8 : 10,5, *Ap* (5 : 3);
g) 12,6 : 12, *Ap* (4 : 3); h) 12 : 12,8, ——; i) 12 : 10, *Ap* (1 : 1);
k) 13 : 11, *Ap* (1 : 1); l) 12 : 12,8, ——; m) 12 : 12,5, *Ap* (1 : 1);
n) 12 : 11, *Ap* (?, 3 : 4); o) 11 : 11, *Ap* (? 2 : 3); p) 12 : 14,6, *Ap* (3 : 4):
q) 11 : 12,6, ——; r) 13 : 9, ——; s) 11 : 9,5, *Ap* (1 : 2);
t) 8 : 9, ——; u) 9,2 : 1,05, *Ap* (1 : 2); v) 9,5 : 9,5, ——;
w) 13,5 : 11,5, *Ap* (1 : 2); x) 13 : 12, *Ap* (1 : 2).

Vp. Li:

a) 14,5 : 15, ——; b) 14,4 : 16, *Ap* (?, 5 : 1); c) 15 : 15,2, ——;
d) 14 : 15, *Ap* (3 : 1); e) + 15 : 15, zufäll. Übereinst.; f) 15 : 17,5, *Ap* (5 : 2);
g) + 15 : 15,5 ——; h) 12,4 : 13,5, *Ap* (3 : 2); i) 15,5 : 15, *Ap* (3 : 2);
k) 14 : 15, ——: l) 14 : 15, ——; m) 12,8 : 13, *Ap* (1 : 1);
n) 13 : 14, *Ap* (1 : 1); o) 13 : 14,8 *Ap* (?, 1 : 1); p) 13 : 14, ——;
q) 14 : 15, ——; r) 13 : 13,5 *Ap* (3 : 4); s) 14 : 14, ——;
t) 12,6 : 13, ——; u) 14 : 14, zufäll. Übereinst.; v) 14 : 14,8, *Ap* (2 : 3);
w) 14,8 : 15,2, *Ap* (2 : 3); x) 8 : 8,5 ——.

Vp. So:

a) 12,2 : 12,5, *Ap* (?); b) 12,4 : 13, ——; c) 12,4 : 13, ——;
d) 12,2 : 13, ——; e) 12 : 12,5, ——; f) 11 : 10,8, *Ap* (3 : 2);
g) 10 : 10,5 ——; h) 11 : 11,5, ——; i) 12 : 10, *Ap* (1 : 1);
k) 13 : 11, *Ap* (1 : 1); l) 11 : 11,8, ——; m) 11 : 13, *Ap* (1 : 1);
n) 12 : 14, *Ap* (1 : 1); o) 12 : 11, *Ap* (3 : 4); p) 12,5 : 11,5, *Ap* (3 : 4);
q) 11 : 10,2 *Ap* (2 : 3); r) 11,5 : 9,5, *Ap* (2 : 1); s) 11 : 11,5, ——;
t) 11 : 11,2, ——; u) 11,5 : 12, ——; v) 10,8 : 11, *Ap* (1 : 2);
w) 13 : 13,5, ——; x) 15 : 15,5, ——.

2) Ergebnisse bei gleichzeitig optischer Störung.

Vp. Be:

a) 15 : 14, *Ap* (7 : 1); b) 13 : 15, *Ap* (5 : 1); c) 15 : 16, *Ap* (4 : 1);
d) 15 : 16, ——; e) 16 : 17, ——; f) 15 : 15,5, ——;
g) 14 : 16, *Ap* (2 : 1); h) 14 : 15, *Ap* (?, 5 : 4); i) 13,5 : 14, ——;
k) 13 : 13, ——; l) 14 : 16, *Ap* (4 : 3); m) 11,5 : 13, *Ap* (1 : 1);
n) 12,5 : 14, *Ap* (1 : 1); o) 15,5 : 15, *Ap* (gering); p) 13 : 16, *Ap* (1 : 1);
q) 16 : 17, *Ap* (1 : 1); r) 15 : 16,5, ——; s) 19,5 : 20,5, ——;
t) 18 : 18,5, ——; u) 12,4 : 13,6, ——; v) 13 : 14, ——;
w) 14,4 : 15,2, *Ap* (gering); x) 16 : 16,5, ——.

Vp. Ra:

a) 14 : 14, zufäll. Übereinst.; b) 13,6 : 15, *Ap* (?, 5 : 1); c) 14 : 16, ——;
d) 14 : 12,5, *Ap* (?, 5 : 2); e) 13 : 12, *Ap* (2 : 1); f) 16 : 17, *Ap* (gering);
g) 13 : 18, ——; h) 14 : 18, *Ap* (2 : 1); i) 15 : 20, *Ap* (2 : 1);
k) 15 : 16, ——; l) 13 : 14, ——; m) 13,5 : 13, *Ap* (1 : 1);
n) 13,5 : 14, *Ap* (1 : 1); o) 13 : 14,5, ——; p) 13,5 : 13,5, ——;
q) 14 : 14,5, ——; r) 13,5 : 13,8, ——; s) 13,8 : 14,2, *Ap* (3 : 4);
t) 13,6 : 13,8, *Ap* (2 : 3); u) 13 : 13,5, ——; v) 13 : 11, *Ap* (1 : 2);
w) 14 : 14,5, ——; x) 15 : 16, ——.

Vp. Wü:

a) 13 : 13,5, ——;	b) 11 : 14, ——;	c) 13 : 13,4, *Ap* (3 : 1);
d) 13,5 : 16, ——;	e) 14 : 12, *Ap* (gering), (2:1);	f) 13 : 14, *Ap* (2 : 1);
g) 13,6 : 15, ——;	h) 10,6 : 11?, ——;	i) 11 : 10, *Ap* (1 : 1);
k) 12 : 12,6, ——;	l) 11,8 : 12, *Ap* (1 : 1);	m) 14 : 13, *Ap* (1 : 1);
n) 12 : 14, *Ap* (1 : 1);	o) 12,5 : 15, *Ap* (1 : 1);	p) 12 : 12,5, *Ap* (?, 3 : 4);
q) 12 : 12,2, ——;	r) 12,5 : 14, ——;	s) 11,5 : 12, ——;
t) 13 : 13,4, *Ap* (2 : 3);	u) 12 : 12,2, ——;	v) 12 : 12,2, ——;

w) 11 : 11,5, *Ap* (1 : 2); x) 11 : 12 (?), *Ap* (1 : 2).

Vp. Li:

a) 14 : 15, ——;	b) 16 : 15, *Ap* (5 : 1);	c) 17 : 16, *Ap* (4 : 1);
d) 16 : 17, ——;	e) 15 : 18, *Ap* (3 : 1);	f) 15 : 16, ——;
g) 16 : 16,5, ——;	h) 14 : 17, *Ap* (2 : 1);	i) 14 : 15, ——;
k) 14 : 15,2, *Ap* (?, 3 : 2);	l) 16 : 16,5, ——;	m) 13,5 : 13, *Ap* (?, 1 : 1);
n) 13,6 : 14, *Ap* (1 : 1);	o) 15,2 : 15, *Ap* (1 : 1);	p) 15 : 15,2, ——;
q) 15 : 15,2, ——;	r) 12 : 12,5, ——;	s) 14 : 12,6, *Ap* (1 : 3);
t) 14 : 13,2, *Ap* (1 : 3);	u) 12,6 : 14,6, ——;	v) 14 : 12, ——;

w) 14 : 13, ——; x) 15 : 15, ——.

Vp. So:

a) 16 : 15, ——;	b) 11,6 : 11,6, ——;	c) 10 : 12, ——;
d) 14 : 10, *Ap* (2 : 1);	e) 11,6 : 12, *Ap* (2 : 1);	f) 15 : 15,5, ——;
g) 14 : 16, *Ap* (2 : 1);	h) 12 : 13, ——;	i) 12 : 13, ——;
k) 12 : 11, *Ap* (1 : 1);	l) 13 : 12, *Ap* (1 : 1);	m) 10,5 : 10,8, ——;
n) 12 : 12,2, ——;	o) 11 : 11,2, ——;	p) 10 : 10,5, ——;
q) 11,6 : 11,6, ——;	r) 12 : 12,5, ——;	s) 13,8 : 12,6, *Ap* (2 : 3);
t) 15 : 15,5, ——;	u) 13,5 : 13,8, ——;	v) 12 : 11,5, *Ap* (1 : 2);

w) 13,5 : 13,8, ——; x) 14 : 12, *Ap* (1 : 2).

3) Ergebnisse bei gleichzeitig taktiler Störung.

Vp. Be:

a) 12,6 : 13,2, ——;	b) 11 : 12, ——;	c) 14 : 16, *Ap* (4 : 1);
d) 14 : 15,5, ——;	e) 13 : 14, ——;	f) 13 : 13,5, ——;
g) 14 : 16, *Ap* (2 : 1);	h) 15,6 : 18, *Ap* (2 : 1);	i) 16 : 16,6, ——;
k) 14 : 15, ——;	l) 14 : 14,5, ——;	m) 16 : 16,5, ——;
n) 15 : 14,5, *Ap* (1 : 1);	o) 16 : 16,5, ——;	p) 13,6 : 16, *Ap* (1 : 1);
q) 15 : 17, *Ap* (1 : 1);	r) 16 : 18, *Ap* (1 : 1);	s) 14 : 15, ——;
t) 14 : 15, ——;	u) 14 : 15, ——;	v) 15 : 15,4, ——;

w) 14 : 15,2, ——; x) 11 : 11,6, ——.

Vp. Ra:

a) 16 : 14, ——	b) 15,5 : 17, ——;	c) 15 : 15,2, ——;
d) 7,2 : 7,5, *Ap* (3 : 1);	e) 15 : 17, ——;	f) 13 : 16,4, ——;
g) 13,6 : 16, *Ap* (?, 2 : 1);	h) 14,5 : 18, *Ap* (2 : 1);	i) 15,6 : 16, ——;
k) 13,6 : 16,5, *Ap* (3 : 2);	l) 13 : 15, ——;	m) 12,5 : 13, *Ap* (1 : 1);
n) 13,8 : 14, *Ap* (1 : 1);	o) 13,5 : 15, *Ap* (1 : 1);	p) 15,6 : 16, *Ap* (1 : 1);
q) 14 : 17, *Ap* (1 : 1);	r) 13,6 : 14,6, ——;	s) 15 : 15,6 ——;
t) 13,5 : 14, ——;	u) 13 : 14, *Ap* (2 : 3)	v) 16 : 16, ——;

w) 16 : 15, ——; x) 16 : 17, ——.

Vp. Wü.

a) 12 : 10,5, ——	b) 13 : 12, *Ap* (4 : 1);	c) 10 : 10,2, ——;
d) 10,4 : 10, *Ap* (2 : 1);	e) 13 : 14, ——;	f) 13 : 14, *Ap* (2 : 1);
g) 15 : 16, *Ap* (2 : 1);	h) 13 : 12, *Ap* (4 : 3);	i) 12 : 12,5, ——;
k) 10 : 10,8, ——;	l) 10,5 : 12, *Ap* (1 : 1);	m) 10,8 : 13 *Ap* (1 : 1);
n) 13 : 13,5, ——;	o) 13 : 14, ——;	p) 12 : 12,8, ——;
q) 12 : 12,6, *Ap* (3 : 7);	r) 12 : 12,2, ——;	s) 12 : 12,2, ——;
t) 11 : 12, ——;	u) 12 : 12,4, *Ap* (3 : 5);	v) 12 : 11, *Ap* (1 : 2);
w) 11 : 11,5, ——;	x) 12 : 12, ——.	

Vp. Li:

a) 17 : 18, *Ap* (9 : 1);	b) 16 : 16, ——;	c) 17 : 16, ——;
d) 16 : 15, *Ap* (3 : 1);	e) 15 : 15,2, ——;	f) 14,6 : 16,6, ——;
g) 15 : 16, *Ap* (2 : 1);	h) 14,4 : 16, ——;	i) 14 : 15,5, *Ap* (3 : 2);
k) 14 : 14,6, *Ap* (4 : 3);	l) 14 : 14,5, ——;	m) 13,5 : 13, *Ap* (1 : 1);
n) 12 : 14, *Ap* (1 : 1);	o) 13,6 : 14, ——;	p) 14 : 16, *Ap* (1 : 1);
q) 15 : 16, ——;	r) 14 : 13,5, *Ap* (3 : 4);	s) 12,5 : 13, ——;
t) 13 : 13,6, ——;	u) 14 : 14,2, ——;	v) 13,5 : 14, ——;
w) 13 : 13, ——;	x) 15 : 15, ——.	

Vp. So:

a) 14 : 14, ——;	b) 14 : 15, ——;	c) 13,6 : 14, ——;
d) 14 : 15, *Ap* (3 : 1);	e) 14,8 : 16, ——;	f) 14,8 : 15,5, ——;
g) 16,5 : 18, ——;	h) 16,5 : 17, ——;	i) 15 : 13,5, *Ap* (4 : 3);
k) 13 : 14,6, *Ap* (4 : 3);	l) 15 : 16, ——;	m) 11 : 12, ——;
n) 11 : 10,6, *Ap* (3 : 4);	o) 12 : 10,2 *Ap* (3 : 4);	p) 11 : 11,6, ——;
q) 12 : 12,4, ——;	r) 12,5 : 12, *Ap* (2 : 3);	s) 13 : 13, ——;
t) 13 : 13, ——;	u) 12,4 : 13, ——;	v) 14 : 14, ——;
w) 14 : 14,2, ——;	x) 14 : 13,8, ——.	

In allen drei Versuchsfolgen äußert sich die Wirkung der Störungsreihen in vollkommen analoger Weise. Zwei Arten der Veränderung treten auf, gleichviel ob optische, akustische oder taktile Reize stören. Die eine Form der Störung ist gegeben in einer Anpassung des motorischen Rhythmus an die perzipierte regelmäßige Empfindungsfolge. Sie geschieht entweder allmählich oder plötzlich, ändert sich durch die ganze Reihe hindurch oder nur stellenweise. Sie begreift zwei Unterarten unter sich: entweder tritt eine bloße Verschiebung des motorischen Rhythmus ein, um einen möglichst bequemen Phasenzusammenfall der beiden Rhythmen zu erzielen; eine solche Veränderung kann natürlich nur dann erfolgen, wenn von vornherein ein bestimmtes Verhältnis zwischen den beiden Reihen besteht. Die Verschiebung verlangt dann freilich zugleich eine Änderung der Geschwindigkeit so lange, bis der entsprechende Phasenzusammenklang erreicht ist, jedoch ist dabei das Bewußtsein der steten Regelmäßigkeit durchaus

ungestört. Die augenfälligere und auch häufigere Form der Anpassung ist jedoch diese, daß ein motorischer Rhythmus sein Intervall ändert, um ein gewisses festes Verhältnis zu dem rezipierten Rhythmus zu erhalten. — Außer dieser Störung durch Anpassung zeigt sich eine andere bei jenen Rhythmen, die dieser Verführung zu widerstehen vermögen. Diese Art der Störung besteht in einer Verlangsamung des motorischen Intervalls. Da trotz dieser Verlangsamung die Gleichmäßigkeit des Taktierens nicht gestört wird, kann sie auch nicht aufgefaßt werden als eine Tendenz, sich dem Fremdrhythmus anzupassen.

Was nun die speziellen Ergebnisse anbelangt, so kann eine gesetzmäßige Beziehung zwischen der Zeitlage der Störreihe und der Art der Störung nicht aus den Tabellen entnommen werden. Der Hauptgrund dürfte in der Verschiedenheit liegen, mit der ein durch das Metronom mitgeteilter Rhythmus von der Vp. wiedergegeben wurde. Es hätte mich allzuweit geführt, hätte ich auf die Forderung eines wirklichen Normalrhythmus genaues Gewicht gelegt. Hingegen läßt sich aus dem Kurvenmaterial entnehmen, daß ein Rhythmus um so mehr der Anpassung unterliegt, je mehr er sich einem faßbaren Verhältnis zum Fremdrhythmus nähert. Von den in Betracht kommenden Proportionen ist 1 : 1 die natürlichste und daher — mit einer einzigen Ausnahme — in keiner Reihe fehlende. Nächstdem spielt das Verhältnis 2 : 1 die größte Rolle, eine bedeutend größere als die Beziehung 1 : 2. Man kann daraus schließen, daß es verlockender ist, eine Anzahl amotorischer Reize in einem motorischen Intervall einzufangen, als eine Anzahl motorischer in einem amotorischen. Es ist nur natürlich, daß diese Verschiedenheit der Verlockung um so geringer wird, je schärfer die Rhythmik der perzipierten Reihe ausgeprägt ist und so um so mehr mit der Einrahmungskraft motorischer Rhythmen wettzueifern vermag. Wir werden unten sehen, daß die störende Wirkung bei akustischen Reihen am ausgeprägtesten, bei optischen geringer und bei taktilen am schwächsten ist. Dementsprechend ist auch der Unterschied jener Anzahl von Anpassungen, bei denen perzipierte Rhythmik sich in motorische eingliedert, und derjenigen, bei denen motorische Rhythmik sich in perzipierte schiebt, am geringsten bei akustischen Störreihen: das Verhältnis der ersteren Anpassungsgruppe zur zweiten beträgt 26 : 25; bei optischen Reihen beträgt das Verhältnis 23 : 13; bei taktilen Reihen ist der Unterschied am größten, was sich im Verhältnis 20 : 8 ausdrückt. — Unterrichten wir uns über das Verhältnis der Zahl von Reihen, in denen Anpassung erfolgte, zu der, in denen sie ausblieb, so hat es

keinen Sinn, einen Mittelwert zu berechnen. Die absolute Zahl der Anpassungen bei einem und demselben Individuum ist offenbar davon abhängig, ob ein Individuum die Rhythmik in den Perceptis stärker oder schwächer empfindet, ob ihr größere oder geringere Hemmungen entgegengesetzt werden usf. Wichtig ist jedoch die Feststellung, daß bei jeder Vp. die Anpassung an den akustischen Rhythmus am größten, an den optischen geringer und an den taktilen am geringsten ist. Dies geht aus der folgenden Tafel hervor, in der die absolute Zahl der Anpassungen bei jeder Vp. in den einzelnen Störreihen festgelegt ist:

Tafel der absoluten Anzahl der Anpassungen in den verschiedenen Störreihen.

Störungsart	Be	Ra	Wü	Li	So
Akustisch	13	13	16	12	11
Optisch	12	11	13	10	8
Taktil	7	10	10	9	6

Wir finden also: Die Wirkung, welche sich in der Anpassung eines aktuellen motorischen Rhythmus äußert, ist in analoger Weise ebenso vorhanden bei Störung durch Lichtpunkte, wie bei Störung durch Schall- und Berührungsrhythmen. Messen wir die Stärke jener Wirkung, die von den einzelnen ins Bewußtsein fließenden Reizfolgen ausstrahlt, an der absoluten Zahl der gelungenen Verlockung, so ergibt sich, daß diese Beeinflussung am stärksten bei akustischer, schwächer bei optischer und am schwächsten bei taktiler Einwirkung ist. Da, nach unserer noch später zu kontrollierender Annahme, es das rhythmische Element in der akustischen Reihe ist, das jene Anpassung zur Folge hat, so ist damit festgestellt, daß in den Fällen, wo jene Angleichung auftritt, auch bei optischer Folge rhythmische Faktoren vorwalten.

Und nun bleibt noch die zweite Störungserscheinung bei simultaner rhythmischer Einwirkung zu besprechen übrig, die sich in einer Verlangsamung ausdrückt. Auch hier zeigt es sich, daß die Störungserscheinungen bei optischer Reizung der bei akustischer und taktiler ganz analog sind. Ferner ist aber auch hier die Wirkung wie bei der Anpassung am stärksten bei akustischen, schwächer bei optischen und am geringsten bei berührenden Störreizen. Diese Verhältnisse wurden dadurch ermittelt, daß in jeder Versuchsreihe die Mittelwerte der motorischen Intervalle, wie sie aus den drei Haupttafeln

ersichtlich sind, vor der Störung und während derselben je addiert wurden und die perzentuellen Zuwüchse der Summen, bezogen auf die Intervallsumme während der Störung, berechnet wurden. So ergibt sich die folgende

Tafel der prozentuellen Zuwüchse der Intervallsummen infolge Störung.

Störungsart	Be	Ra	Wü	Li	So
Akustisch	6,5 %	9,5 %	6,2 %	4 %	5 %
Optisch	5,3 %	8 %	6,1 %	2 %	3,5 %
Taktil	4 %	4,5 %	0,6 %	1,5 %	3,5 %

Auch die Störungswirkung der Verlangsamung zeigt also deutlich ein Maximum bei akustischen, ein Minimum bei Berührungsreizung, während bei Lichtreizung eine mittlere Stärke der Veränderung wirksam ist. Nehmen wir wieder an, daß es das Spezifisch-Rhythmische an der Reihengestaltung ist, das jenen Einfluß ausübt, so kommen wir auch hier zu dem nämlichen Resultat wie früher, nämlich: Optische Reihen können vom Bewußtsein als Rhythmen gewertet werden; wenn auch eine solche Wertung geringer ist als bei akustischen Reihen, so ist sie doch größer als bei taktilen. —

Die Wirkungsstärke der Zerdehnungstendenz hängt auch von der Zeitlage ab: In mittleren Lagen ist die Verlangsamung am eindringlichsten, in höheren und tieferen gemindert, gegen die obere und untere Grenze weicht sie öfters der Gleichheit und kann unter Umständen sogar in Beschleunigung umkippen.

Der Einwand gegen die Deutung des Hauptergebnisses einer deutlich auftretenden Zerdehnung, daß es sich dabei bloß um ein allgemeines Ablenkungsphänomen handeln könnte, wurde, wie erinnerlich, durch eine vorhergehende Versuchsreihe erledigt. Jede arrhythmische Aufmerksamkeitsspaltung führt zu einer Beschleunigung. Daher bleibt nichts übrig, als anzunehmen, daß jene Verlangsamung nur durch rhythmische Faktoren hervorgerufen sein kann.

c) Zur Theorie der simultanen Störungserscheinungen. Die theoretische Zurechtlegung der Frage, wie eine Anpassung eines bestehenden motorischen Rhythmus an einen perzipierten Fremdrhythmus erfolgt, muß von dem Tatbestand ausgehen, daß es sich durchaus um nichts Wissentliches handelt, etwa um Auffassung und Schätzung der beiden Rhythmen untereinander und um einen auf diesem logifizierenden Umweg erfolgenden Zusammenklang aus auffassungsökonomischen Gründen. Vielmehr ist durch viele Versuche

festgestellt, daß der Weg zur Anpassung völlig unbewußt bleibt und eine Aussage darüber erst erfolgt, wenn die Angleichung bereits vorhanden ist. Die Vpn. wundern sich öfters, wie ihnen förmlich unter der Hand die beiden Rhythmen zu identischen werden. Und selbst die nachträgliche Erkenntnis über den Tatbestand eines bestimmten Verhältnisses der beiden Rhythmen, kann immer noch zu argen Urteilstäuschungen Anlaß geben. Öfters wird die perzipierte Folge langsamer beurteilt als die motorische, obwohl sie objektiv schneller ist und umgekehrt, oder es wird das Verhältnis der Angleichung falsch angegeben: Beweise genug dafür, daß es sich beim rhythmischen Geschehen um ein Phänomen des Trieb- und Empfindunglebens in erster Linie und bloß in untergeordnetem Sinne um schätzende Auffassung handelt. Am besten nimmt man daher an, daß bei der Aufnahme von Rhythmen triebbetonte Empfindungsreihen in Betracht kommen, deren Elemente imstande sind, Bewußtseinsenergien an sich zu reißen und daher auch aktuelle motorische Energien zu binden. Die Bindung der aktuellen Energien wird von Stellen maximaler Triebhaftigkeit aus (gewöhnlich Anfang, Mitte oder Ende einer rhythmischen Phase) am leichtesten erfolgen. So sehen wir auch, daß oft vollkommen verschiedene Rhythmen für einige Takte zusammenklappen können, wenn Hauptphasen dieser Rhythmen durch Zufall zusammenkommen. —

Die Deutung des Tatbestandes jener Störung, die sich in einer Verlangsamung kundgibt, fußt auf demselben Prinzip, das wir zur Erklärung der Zerdehnung bei Störung latenter Rhythmen verwendeten. Auch hier ist eine größere Energieentfaltung zur Ausführung des motorischen Rhythmus dann vonnöten, wenn er sich über einem Gewebe verlockender Reihen aufbaut, als wenn er ungestört ist. Das Geschwindigkeitsbewußtsein, schlossen wir dort, sei eng verknüpft mit dem Ablauf der Energieumsetzung. Wegen der größeren Anstrengung, die notwendig ist, um sich gegen die Tendenz der Anpassung zu stemmen, muß, um das gleiche Ablaufsbewußtsein zu erhalten, auf der anderen Seite an Energie dadurch gespart werden, daß die objektive Geschwindigkeit herabgesetzt wird; auf diese Weise wird der motorische Rhythmus gleichmäßig behäbiger.

d) Einwände und Kontrollversuche. Gegen die hier vorgetragene Deutung der Ergebnisse können zwei Einwände erhoben werden.

Erster Einwand: Zugegeben, daß es sich bei allen Störungserscheinungen um Wirkung von Rhythmen handelt, so ist es doch möglich, daß bei optischen Reihen nicht eine dieser Optik spezifische

Rhythmik jene Veränderungen hervorruft, sondern eine unwillkürlich damit assoziierte motorische Rhythmik der Urheber derselben ist. Es müßte also erst festgestellt werden, daß die Wirkung der Lichtpunktfolgen ohne Umweg über das Motorium geschieht.

Zweiter Einwand: Aber nun selbst zugegeben, daß die Beeinflussung von den spezifischen Elementen der optischen Reihe ausgeht, könnte nicht doch die Anpassung einfach so erklärlich sein, daß die einzelnen optischen Reize als Signale wirkten, als sich ebensooft wiederholende Anweisung zur Reaktion: d. h. Tasterniederdrückung, ohne daß dabei irgendwelche rhythmische Bildung eine Rolle spielte? —

Der erste Einwand bezieht sich auf die gesamten Störungserscheinungen, der zweite bloß auf die Simultanstörung der Anpassung.

Erster Kontrollversuch: Um das erste Bedenken zu prüfen, versuchte ich festzustellen, ob trotz gegenteiliger Anweisung motorische Mitbewegungen bei der Aufnahme der visuellen Reihe wirksam sind. Zu diesem Zweck kontrollierte ich etwaige Bewegungen bei der Perzeption von Lichtpunktfolgen sowohl in den Störungsversuchen des Gedächtnisses als auch bei simultaner Störung. Für diese Versuche verwendete ich ein Holzkästchen, dessen obere Deckwand um ein an einer Kante angebrachtes Scharnier klappbar war: mittels dieser als Hebel wirkenden Klappe wurde auf einen in dem Kästchen befindlichen weichen Kautschukball gedrückt. Der Druck wurde durch einen Schlauch auf eine Registriertrommel des Schleifenkymographions übertragen. Kontrolliert wurden Bewegungen des Kopfes, des Ober- und des Unterarms, indem das Kästchen mit dem Hebel an die Stirn, den Ellbogen und schließlich an das Handgelenk des linken Arms angelegt wurde. Die Vp. hatte die Aufgabe, während des Versuchs leicht und kontinuierlich gegen den Hebel zu drücken, sonst jede Bewegung zu unterlassen. Durch dieses einfache Verfahren sind Bewegungen leicht erkennbar, da erfahrungsgemäß jede örtlich begrenzte, leichte Spannung ein guter Resonator lokal vorhandener motorischer Umsetzungen ist.

Ergebnis des ersten Kontrollversuches. Das Resultat ist im allgemeinen negativ. Die Aufnahme optischer Rhythmen in der Latenz brachte die bekannte Störung hervor, während die Registrierung in der Zeit der optischen Einwirkung des Motoriums keine Änderung zeigte, gleichgültig, ob Kopf- oder Armbewegungen der Kontrolle unterworfen wurden. Die typische wellenförmige Linie bei Prüfung der Schultermuskulatur zeigt bloß die Athembewegungen an. Nur in den seltensten Fällen konnte eine Mitbewegung konstatiert werden. Ebenso negativ fielen die Versuche bei Simultanstörung aus. Während

die typischen Anpassungs- und Zerdehnungsstörungen auftraten, veränderte sich die Linie, welche die Bewegungen zu kontrollieren hatte, während vieler Versuche nur zweimal im Sinne einer Rhythmik[1]). Daraus geht hervor, daß dem ersten Einwand die Tatsachen widersprechen und daß Wahrscheinlichkeit für eine primäre Rolle zumindest der außerhalb des optischen Systems zustandekommenden motorischen Empfindungen nicht vorhanden ist.

Gegen den zweiten Einwand konnte folgende Überlegung zu einem Kontrollversuch führen: Ist die Lichtpunktfolge sozusagen eine Reihe von Signalen mit Reaktionsanweisung, dann unterscheidet sich die hierdurch erzielte Anpassung von der durch rhythmischen Einfluß in der prinzipiellen Hinsicht, daß hier jeder motorische Schlag — psychologisch genau gesprochen — dem Lichtfunken nachtappt, während dort, bei echter Anpassung, eine allmähliche Abgestimmtheit so vor sich geht, daß durch Rhythmisierung der optischen Reize schon im vorhinein die Stellung des einzelnen Elements der visuellen Reihe fixiert wird. Sollen aber die visuellen Punkte in sich die Kraft einer Reaktionsanweisung tragen, so muß sich diese Kraft auch in einem Geschehen äußern, wo statt einer rhythmischen Folge eine unrhythmische oder eine periodisierende Reihe wirkt.

Ein Kontrollversuch muß also feststellen, ob optische Reize an sich eine genügend starke Verlockungsstärke besitzen, um im einzelnen Fall einen motorischen Rhythmus zu verwirren oder sich anzupassen.

Die Versuchsanordnung ist ähnlich der bei den Anpassungsversuchen, nur daß statt einer regelmäßigen Folge eine periodisch wiederkehrende unregelmäßige auftritt; dabei wurde beobachtet, daß selbst der Eindruck des Periodischen (bekanntlich eine Vorstufe der echten Rhythmik) unterblieb.

Das Resultat ist negativ, wie Kurvenbeispiele im Anhang zeigen. Damit stimmt überein, daß die Vp. sich durch Lichtreihen fast gar nicht in der Taktierung beeinflußt fühlten. Die einzige Änderung, die auftrat, war eine allgemeine Beschleunigung. Nun ist aber Beschleunigung der meßbare Ausdruck für die Ablenkung durch unrhythmische Inhalte. Es ist also damit bewiesen, daß optische Reihen nicht imstande sind, im Sinne bloßer Signalisierung ein aktuelles rhythmisch-motorisches Gefüge zu brechen. Immer wieder nur ein Rhythmus vermag einen Rhythmus im Sinne der obenerwähnten Störungserscheinungen zu verändern.

---

1) Im Anhang sind typische Kurven aller Kontrollversuche dargestellt.

Zusammenfassung der Ergebnisse über den Tatbestand eines optischen Rhythmus.

I. Alle Versuche und Kontrollversuche stellen, einander ergänzend, fest, daß es eine optische Rhythmik in demselben Sinn gibt, wie eine akustische und taktile. Diese Feststellung stützt sich auf die ganz analogen Wirkungen, mit denen akustische, taktile und optische Reihen das rhythmische Gedächtnis und einen aktuellen motorischen Rhythmus zu stören vermögen. Die Störung des Rhythmengedächtnisses erfolgt in dem Sinne, daß durch eingeführte regelmäßige Reizfolgen eine Verlangsamung des motorischen Rhythmus herbeigeführt wird, wobei außerdem nach schnellen Störungsfolgen eine verzögernde, nach langsamen eine beschleunigende Tendenz auftrat. Simultanstörungen durch perzipierte Rhythmen bewirkten entweder eine Anpassung oder Verlangsamung des motorischen Rhythmus. Kontrollversuche widerlegen die Auffassung, als ob die Wirkung optischer Reihen durch eine daran assoziierte äußerlich motorische Bildung[1]) oder durch reaktionsanweisende Kraft der visuellen Bilder hervorgerufen würde. Die Rhythmisierung optischer Folgen ist schwieriger als die akustischer, leichter jedoch als die Rhythmisierung taktiler Reihen. Dies stimmt überein mit den Aussagen der Vpn. über die rhythmische Auffassung gegebener Reihen.

II. Die Introspektion, welche zur Kontrolle des objektiven Befundes herangezogen wurde, ergibt bei vier von fünf Vpn. das Bewußtsein echter optischer Rhythmik, bei der fünften Vp. Ungewiß-

---

1) Ein weiterer deduktiver Wahrscheinlichkeitsbeweis gegen den Einwand einer außenmotorischen Hauptbeteiligung bei optisch-rhythmischer Bildung liegt in der Tatsache, daß das optische Phänomen des Rhythmus sich durch Übung der Introspektion immer mehr und mehr aufdrängt, während doch, da es sich um für das Bewußtsein neuartige Phänomene handelt, die motorischen Umsetzungen am Anfang am stärksten wirken und ihre Hemmung erst allmählich vollkommen wird. Ich betone, daß ich gegen die Annahme einer innermotorischen Beteiligung, wie sie sich etwa in einer stärkeren oder schwächeren Energiebesetzung zirkumskripter Teile der Netzhaut äußern könnte, nichts einzuwenden hätte, um so weniger, als wir ja nicht wissen, ob nicht etwa auch im Falle tonaler Rhythmik solche innermotorische Energien (etwa Tensor tympani) tätig sind. In beiden Fällen würde es sich dabei um ein spezifisches Sinnesmotorium und daher um ein spezifisches Empfindungserlebnis handeln.

heit darüber, soweit es sich um die hier verwendeten optisch-regelmäßigen Reihen handelt. Eine Vp. ging so weit in der Einfühlung, daß sie imstande war, wie bei akustischen Rhythmen, wechselnd im fallenden Zweier- oder Dreierrhythmus subjektiv zu betonen, wobei sie Intensitäts (Extensitäts-) unterschiede, die dieser Phrasierung entsprachen, subjektiv hervorzubringen vermochte. Die Fähigkeit, optische Rhytmen zu erleben, wuchs mit der Übung.

Bei objektiv-betonten Lichtreihen, wie sie im zweiten Teil der Untersuchung dargeboten wurden, hatten alle Vpn. deutlich den rein sensoriellen Eindruck optischer Rhythmik. Hier wirkten allerdings die objektiven Unterschiede und die vorangegangene Übung zugunsten eines solchen Erlebnisses.

II. Teil.

Untersuchung über die Beziehung zwischen Zeitverhältnis und Einstellung bei optisch-rhythmischen Reihen.

Die Apparatur. An Stelle des Funkenkästchens wurde eine beliebig abblendbare Hülse verwendet, in der zwei kleine Wattlampen Licht gaben. Die Intensität war durch Widerstände regulierbar, die

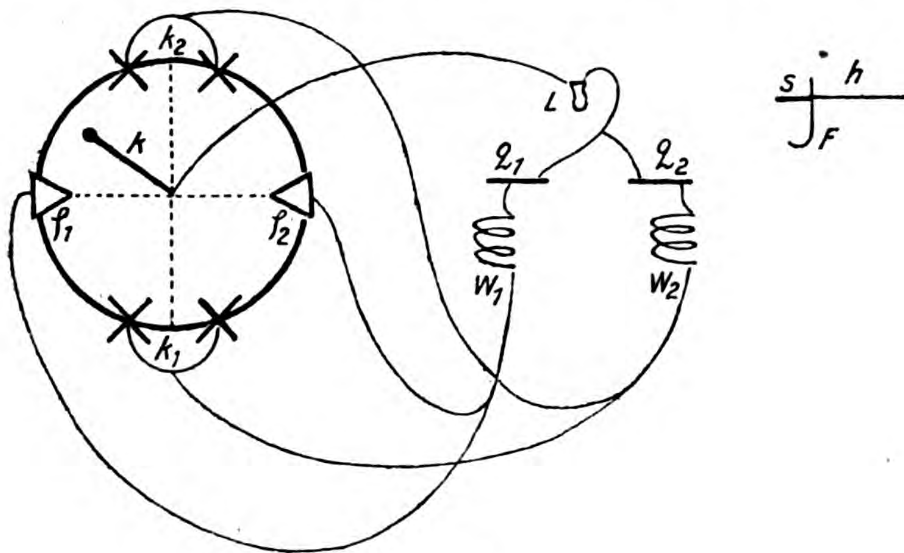


Fig. 1.

Lichtdauer konnte durch Verwendung der sogenannten Meumannschen Sternkontakte am Zeitsinnapparat verändert werden. Um zwei Reihen optisch-regelmäßiger Reize hintereinander mitteilen zu kön-

nen, die sich voneinander durch ihre Dauer unterscheiden, benutzte ich folgende Anordnung: Am Zeitsinnapparat sind zwei Schlußstellen für Kugelfederkontakte f_1 und f_2, wie zwei Kreuzkontaktpaare k_1 und k_2 gegenüberliegend angebracht. Durch Funktion von f_1 und f_2 werden kurzdauernde, durch Funktion von k_1 und k_2 langdauernde Reize in der Lampe L erzeugt. Durch Einschaltung von Widerständen w_1 bzw. w_2 in die bis dahin getrennten Leitungen, die durch Schluß von f und k entstehen, kann die Stromstärke jeder der beiden Leitungen nicht nur variiert, sondern auch beliebig ausgelöscht werden. Ist w_1 sehr groß, dann erscheinen bloß langdauernde Reize, ist w_2 sehr groß, dann bloß kurzdauernde. Der Auslösehebel h enthält sowohl den Schläger S für den Kreuzkontakt als auch die Kugelfeder F für den Federkontakt. Da man an Stelle von k_1 und k_2 ebenso weitere Federkontakte f_3 und f_4 befestigen kann, so vermag man bei entsprechender Abstufung der Widerstände und Verwendung von Schaltungshebeln zwei voneinander in der Intensität verschiedene Reihen herzustellen. Wir vermögen außerdem durch diese Versuchsanordnung lichtbetonte Funkenfolgen zu erzeugen: verwenden wir gleichzeitig mit f_1 und f_2 (Kurzdauerkontakte) noch k_1 und k_2 (Langdauerkontakte), so entsteht eine regelmäßige Lang-Kurzfolge; verwenden wir gleichzeitig mit f_1 und f_2 (Starkfunkenkontakte durch Einschaltung des schwachen Widerstands w_1) noch f_3 und f_4 (Schwachfunkenkontakte bei starkem Widerstand w_2) so entsteht eine regelmäßige Stark-Schwachfolge.

I. Vorversuch über den Eindruck des Ablaufs einer regelmäßigen Lichtfolge.

Um etwaige Täuschungen, die sich allein schon bei einer vollkommenen objektiven Regelmäßigkeit der Funkenfolge ergeben, festzulegen, mußte die Untersuchung bei dem Eindruck, den eine solche Lichtreihe hervorruft, beginnen.

Ergebnisse: Als Ergebnis dieses Versuchs kann festgehalten werden, daß eine objektiv regelmäßige Folge von Lichtern subjektiv nicht den Eindruck der Regelmäßigkeit, sondern bis zu einem gewissen Grade der Verjüngung macht. Der Verjüngungseindruck erreicht ein Optimum bei einem Intervall von 1″—1,5″[1]) und nimmt ab gegen die obere und untere Grenze der Auffassung von Intervallen. Er nimmt ferner ab mit der Häufigkeit, mit welcher derselbe Rhythmus auf den Beobachter wirkt.

---

1) Dem »Normalintervall« Boltons!

II. Versuch über die Beziehung zwischen Lichtreizvariierung und subjektiven Ablauf.

a) Lichtfeldvariierung. Zwei Reihen von objektiv-gleicher Folge, die sich jedoch dadurch unterscheiden, daß das Lichtfeld der ersten Reihe merklich größer war, wurden miteinander verglichen. Die Aufgabe der Vp. war, die Sukzession zu beachten, rein empfindungsmäßig, ohne Mithilfe assoziierter Inhalte eine Aussage über die Schnelligkeit der beiden Reihen zu machen. Die Ergebnisse stelle ich in einer am Schlusse dieser Hauptreihe folgenden Übersicht α (S. 144) zusammen. 1 bedeutet die Reihe mit größerer Intensität, 2 die mit kleinerer. $2 > 1$ sagt aus, daß die zweite Reihe langsamer, $2 < 1$, daß sie schneller verlief. Die in der ersten Zeile angegebenen Zahlen beziehen sich auf das Intervall zwischen je zwei optischen Reizen.

b) Intensitätsvariierung. Dieser Versuch ist dem obigen ganz analog, nur daß an Stelle der größeren Extensität der ersten Reihe die größere Intensität tritt. Auch hier sind die Ergebnisse in einer Tabelle zusammengestellt worden (s. Übersicht β; S. 144).

Die Aufeinanderfolge, in welcher die beiden Lichtpunktreihen geboten wurden, wurde zur Kontrolle umgekehrt, ohne daß das Resultat sich änderte.

c) Die Ergebnisse.

1) Jede Veränderung der Größe oder der Intensität einer Lichtpunktreihe bewirkt eine subjektiv-zeitliche Verschiebung.

2) Die Verschiebung hängt von der Zeitlage ab und ist entgegengesetzter Richtung bei hoher und tiefer Lage.

3) Die Intensitäts- oder Extensitätsvergrößerung bewirkt in den hohen Lagen den subjektiven Eindruck der Verschnellerung, in tiefen Lagen den Eindruck der Verlangsamung. Dazwischen liegt eine Indifferenzzone der Gleichheit, in der sich die Faktoren, die zu den Verschiebungen Anlaß geben, offenbar die Wage halten.

4) Die obere Grenze der Ungleichheitsauffassung verschwimmt infolge Unsicherheit des Auseinanderhaltens der einzelnen Lichter. Die untere Grenze der Ungleichheitsauffassung verschwimmt ebenso wegen der Unmöglichkeit des Zusammenhaltens der Funken. Die Indifferenzzone erstreckt sich ungefähr innerhalb der Grenzen von 0,4 und 0,6 Sek. Das Optimum der oberen Zeitverschiebung ist beiläufig 0,3, das Optimum der unteren Zeitverschiebung etwa 0,9 Sek. Das Optimum der Zeitgleiche ist 0,5 Sek.

Die Gegensätzlichkeit der Eindrucksweise eines objektiv bloß durch Extensität oder Intensität veränderten Rhythmus ist ein Problem, zu dessen Lösung die folgenden Versuchsreihen unternommen wurden.

Es erschien mir die Möglichkeit einleuchtend, daß der Grund dieser Gegensätzlichkeit in einer verschiedenen Einstellung liege, indem etwa durch hohe Zeitlagen die Einstellung auf das Licht, durch tiefe die Einstellung auf das Dunkel erzwungen werde[1]). Um diese Möglichkeit zu prüfen, führte ich Versuche durch, in denen eine bestimmte Einstellung infolge Vorschrift durch die Vp. angenommen wurde.

Es wurden zwei Hauptversuchsreihen durchgeführt. In der ersten wurde die Einstellung und ihre Wirkung an vollkommen regelmäßigen Lichtfolgen erprobt; in der zweiten wurden einfach betonte optische Rhythmen vorgeführt.

III. Versuche mit Einstellungsvorschrift an regelmäßigen unbetonten Lichtrhythmen.

1) Variation der Lichtdauer. Mittels Verwendung einmal ausschließlich von Stern-, das zweitemal von Federkontakten werden zwei Vergleichsreihen erzielt, von denen die erste länger dauernde, die zweite kurzdauernde Funken enthält. Es werden nun zwei verschiedene Aufgaben gestellt.

Die erste Aufgabe verlangt besondere Beachtung des Lichtreizes. Die Wiederkehr desselben soll intensiv erlebt, sein Erscheinen erwartet werden. Es ist die rein empfindungsmäßig erfaßte Geschwindigkeit zum Gegenstand der Aussage zu machen.

Die zweite Aufgabe fordert eine analoge Einstellung auf den Dunkelreiz, der vulgär als »Pause« bezeichnet wird; auch hier soll die Geschwindigkeit des Ablaufs Inhalt der bloß optisch-sinnlichen Erfassung sein.

Die objektiven Versuchsbedingungen ergaben zwei Möglichkeiten:

a) Der kurzdauernde Lichtreiz der zweiten Reihe bleibt stets gleich, variiert wird bloß der langdauernde der ersten. Es wird also damit in der ersten Reihe gleichzeitig das Verhältnis zwischen Licht- und Dunkelreiz variiert. Den Verhältnisquotienten $\frac{\text{Lichtdauer}}{\text{Dunkeldauer}}$ nenne ich Q. Dabei muß, um eine homogene Reihe

1) Vgl. Meumann, Philos. Stud. VIII (508); Wirth, Experimentelle Analyse der Bewußtseinsphänomene. 1908 (266).

zu erhalten, die Taktzeit, d. i. die Zeit zwischen dem Beginn zweier Lichtreize, durch die ganze Versuchsreihe dieselbe bleiben.

b) Man kann andrerseits zwei Vergleichsreihen so herstellen, daß das Verhältnis Q zwischen Licht- und Dunkeldauer der ersten Reihe konstant ist, während in beiden zu vergleichenden Reihen in gleicher Weise die Geschwindigkeit (Taktzeit) variiert wird.

Ich stelle die Ergebnisse dieser Versuchsgruppe in zwei Tafeln entsprechend den zwei Aufgaben zusammen. Jede Tafel ist in zwei Abschnitte geteilt Der erste Abschnitt enthält jene Versuchsresultate, die durch Variation des Verhältnisses $\frac{\text{Lichtdauer}}{\text{Dunkel}} = Q$ der ersten Reihe bei Konstanz der Taktzeit sich ergaben. Der zweite Abschnitt stellt die Ergebnisse jener Reihen zusammen, bei denen zwar das Verhältnis Q gleich blieb ($Q = 0{,}565$), die Taktzeit hingegen abgestuft wurde.

Ergebnisse. Aus den Tafeln erhellt, daß die Auffassung der Abfolge einer rhythmischen Reihe wesentlich abhängt von der Einstellung auf ein bestimmtes zweier Elemente. Im allgemeinen wird bei zwei optischen Abfolgen, die sich durch die Extensität der beteiligten Elemente voneinander unterscheiden, infolge Einstellung auf die Lichtreizung der aus längeren Funken bestehende Rhythmus als der langsamere aufgefaßt. Bei Einstellung auf das Dunkelintervall hingegen wird die Kurzlichtreihe als die langsamere empfunden.

Die obere Schwelle einer solchen empfindungsmäßig erfaßten Ungleichheit liegt bei Lichtreizeinstellung in höherer Geschwindigkeit als bei Pauseneinstellung. Ebenso wirkt der Unterschied der Lichtreize der beiden Vergleichsreihen im Sinne einer Ungleichheit der zeitlichen Verhältnisse bei Lichtapperzeption selbst dort noch, wo wegen der geringen Differenz der beiden Lichter bei Dunkelapperzeption Gleichheit empfunden wird. Und umgekehrt ist die untere Schwelle der Ungleichheit bei Lichtreizeinstellung nun ebenfalls bei höherer Geschwindigkeit zu finden, während die untere bei Pauseneinstellung in die tiefere Zeitlage hinabreicht. Hier bewirkt also die Pauseneinstellung, daß die relativ geringe Differenz der beiden Pausenarten noch erkannt wird, wenn bei lichtapperzeptiver Einstellung durchaus Gleichheit erlebt wird. Diese Tatsache des Schwellenunterschiedes je nach Licht- und Dunkeleinstellung wird sich wohl ungekünstelt daraus ableiten lassen, daß bei größerer Geschwindigkeit die natürliche Einstellung auf den Ablauf der Licht-

reizreihe gerichtet ist, während bei langsamer Bewegung das Pausenelement die primäre Aufmerksamkeit erzwingt.

2) Variation der Lichtintensität.

Mittels Nacheinanderschaltung zweier durch Federkontakte laufende Ströme, deren Stärke durch entsprechende Widerstände sich unterschied, wurden zwei optische Vergleichsreihen erzeugt, von denen die erste größere, die zweite geringere Intensität hatte. Ebenso wie in dem vorhergehenden Versuch wurden zwei Aufgaben gestellt, die die Einstellung auf Lichtreiz bzw. auf Dunkelreiz verlangten. Bei konstantem Intensitätsunterschied wurde die Geschwindigkeit der beiden Reihen gleichmäßig abgestuft. Die Ergebnisse sind in den beiden Übersichten γ und δ am Schlusse dieser Hauptreihe (S. 145) zusammengestellt.

Die Taktzeiten der aufeinander folgenden Intervalle sind die gleichen wie in den Übersichten α und β.

Übersichten der Ergebnisse bei Lichtreizvariierung mit und ohne Einstellungsvorschrift.

In den Übersichten α—δ ist die Folge der Intervalle zwischen zwei optischen Reizen in der nämlichen Weise von schnellen Rhythmen bis zu langsamen abgestuft. Es hat also beispielsweise das Intervall der beiden ersten regelmäßigen, in der Extensität unterschiedenen Vergleichsreihen die Größe 0,31″, das Intervall der beiden letzten die Größe 0,92″. Diese Intervalle sind aus der obersten Zeile der Übersicht zu entnehmen. Jener Folge entsprechend sind die subjektiven Eindrücke des Verhältnisses der Starklicht- (1) zu den Schwachlichtintervallen (2) in einer Reihe geordnet.

Übersicht α der Ergebnisse von Extensitätsvariierung an regelmäßigen Lichtreihen.

Intervalle:	0,31″;	0,33″;	0,36″;	0,39″;	0,44″;	0,50″;	0,60″;	0,70″;	0,86″;	0,92″.
Vp. Li:	? ;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	= ;	= ;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2.
Vp. Ra:	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	? ;	= ;	1 < 2;	= ;	1 < 2;	1 < 2.
Vp. Wü:	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 < 2;	1 < 2;	? ;	1 < 2;	1 < 2.
Vp. Be:	1 > 2;	1 > 2;	= ;	1 > 2;	= ;	= ;	= ;	= ;	1 < 2;	1 < 2.
Vp. So:	1 > 2;	? ;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	? ;	? ;	= ;	1 < 2.

Übersicht β der Ergebnisse von Intensitätsvariierung an regelmäßigen Lichtreihen.

Vp. Li:	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	? ;	= ;	= ;	= ;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2.
Vp. Ra:	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	= ;	= ;	= ;	= ;	= ;	1 < 2;	1 < 2.
Vp. Wü:	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2.
Vp. Be:	1 > 2;	1 > 2;	= ;	= ;	= ;	= ;	= ;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2.
Vp. So:	? ;	? ;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	= ;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2.

Übersicht γ der Ergebnisse bei lichtapperzeptiver Intensitätsvariierung.

Vp. Li:	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	? ;	1>2;	= ;	= ;	= .
Vp. Ra:	1>2;	1>2;	1>2;	= ;	1>2;	1>2;	? ;	1>2;	? ;	1>2.
Vp. Wü:	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2.
Vp. Be:	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	= ;	1=2;	? ;	1>2;	? ;	= .

Übersicht δ der Ergebnisse bei dunkelapperzeptiver Intensitätseinstellung.

Vp. Li:	= ;	= ;	= ;	= ;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2;	= .
Vp. Ra:	= ;	? ;	= ;	1<2;	= ;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2.
Vp. Wü:	? ;	= ;	? ;	= ;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2.
Vp. Be:	= ;	= ;	= ;	= ;	= ;	= ;	= ;	1<2;	1<2;	1<2.

Übersicht ε und η der Ergebnisse bei Licht- und dunkelapperzeptiver Lichtdauervariierung.

1) Bei Variation des Verhältnisses $Q \left(\frac{\text{Lichtdauer}}{\text{Dunkeldauer}}\right)$, das durch die Zahlen der ersten Zeile festgelegt ist.

a) Lichtapperzeption (Übersicht ε_1).

$Q =$	0,45;	0,5;	0,565;	0,64;	0,8;	0,9;	1.
Vp. Li:	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2.
Vp. Ra:	? ;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2.
Vp. Wü:	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2.
Vp. Be:	= ;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2;	1 > 2.

b) Dunkelapperzeption (Übersicht η_1).

Vp. Li:	? ;	= ;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2.
Vp. Ra:	= ;	? ;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2.
Vp. Wü:	= ;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2.
Vp. Be:	? ;	= ;	= ;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2;	1 < 2.

2) Bei Variation der Taktzeit.

Q ist konstant = 0,565. Die Variation der Taktzeit ergibt sich aus der folgenden Zahlenreihe.

a) Lichtapperzeption (Übersicht ε_2).

Intervalle:	0,31″;	0,33″;	0,36″;	0,39″;	0,44″;	0,50″;	0,60″;	0,70″;	0,86″;	0,92″.
Vp. Li:	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	? ;	? ;	? .
Vp. Ra:	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	? .
Vp. Wü:	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2.
Vp. Be:	1>2;	1>2;	1>2;	? ;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	1>2;	? .

b) Dunkelapperzeption (Übersicht η_2).

Vp. Li:	= ;	= ;	= ;	? ;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2.
Vp. Ra:	= ;	? ;	1<2;	? ;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2.
Vp. Wü:	= ;	= ;	1<2;	1<2;	? ;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2.
Vp. Be:	1>2;	= ;	? ;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2;	1<2.

Ergebnisse. Die Ergebnisse bei Intensitätsvariierung sind denen bei Dauervariierung vollkommen analog. Bei Einstellung auf die Lichtreizung wird der aus intensiveren Funken bestehende Rhythmus als der langsamere aufgefaßt. Bei Einstellung auf Dunkelreiz wird die Schwachlichtreihe als langsamer empfunden. Die oberen und unteren Schwellen sind ebenso wie in dem vorhergehenden Versuch so gelagert, daß die Einstellung auf Lichtreiz durchwegs eine höher liegende obere und untere Grenze für die Ungleichung hat als die Einstellung auf die Pause.

Zusammenfassung der Ergebnisse über die Beziehung zwischen Einstellung und zeitlicher Verschiebung an lichtreizvariierten Reihen.

1) Reihen sukzessiver, regelmäßig eintreffender Lichtblitze erfahren durch Veränderung von Lichtstärke oder Lichtdauer eine subjektive zeitliche Verschiebung, die wesentlich abhängig ist von der Einstellung auf Licht- oder Dunkelempfindung.

2) Und zwar erzeugt die Einstellung auf Lichtreizung eine entgegengesetzte Verschiebung zu der Einstellung auf Dunkelreiz.

3) Bei Verstärkung oder Verlängerung der Dauer des Funkens wird unter Apperzeption des Lichtes die Aufeinanderfolge der Blitze als langsamer, unter Apperzeption der Pause als schneller empfunden und umgekehrt.

4) Die Verschiebung ist wesentlich abhängig von der Zeitlage. Sowohl bei Variierung der Intensität als auch der Extensität ist der Eindruck einer zeitlichen Verschiebung bei Lichtapperzeption in höheren Zeitlagen, bei Dunkelapperzeption in tieferen am eindringlichsten. Die obere Schwelle für lichtapperzeptive Verschiebung ist gegeben durch ein Ineinanderschwimmen der Funken, die untere Grenze liegt für die Mehrzahl der Vpn. zwischen 0,7 und 0,8 Sek. Die obere Schwelle für dunkel apperzipierende Verschiebung befindet sich zwischen 0,3 und 0,4 Sek., die untere Grenze fällt zusammen mit der Unmöglichkeit zu synthetisieren und mit dem Streben, die Vergleichung der beiden Reihen mittels logischer Beurteilung zu rationalisieren. Das Optimum des Verschiebungseindrucks liegt bei Funkeneinstellung etwa zwischen 0,3 und 0,4 Sek.; bei Pauseneinstellung findet sich jenes Optimum zwischen 0,7 und 0,8 Sek.

Theoretische Deutung.

Die Ergebnisse lehren die Abhängigkeit des Empfindens der Aufeinanderfolge von bestimmten Einstellungen, welche sich in unserem besonderen Falle auf den Dunkel- oder den Lichtreiz richten können. Daß eine zeitliche Verschiebung je nach der Einstellung in entgegengesetztem Sinn erfolgt, ist theoretisch unter der Annahme verständlich, daß der Ablauf der besonders apperzipierten Empfindungsmasse sozusagen induzierend wirkt auf den Eindruck des Ablaufs des gesamten psychischen Inhalts, in den diese apperzipierten Teilinhalte eingebettet sind. Im Falle einer lichtapperzipierenden Einstellung wird jenes Ablaufsbewußtsein genährt durch den Ablauf der einzelnen Lichtreize.

Ist die Lichterscheinung rasch beendet, wie bei kurzen oder schwachen Blitzen, so ist das Bewußtsein der Geschwindigkeit der Gesamtreihe auf »schnell« gestellt, da die »Pausen«, um mich des Ausdrucks einer Vp. zu bedienen, »sozusagen unter den Tisch fallen«. Im Falle größerer Intensität oder Extensität der Funken induziert der behäbige apperzipierte Ablauf den Eindruck der größeren Langsamkeit des Ganzen.

Und ebenso wird umgekehrt unter Dunkelapperzeption die bei größeren Lichtblitzen kleinere Dunkelempfindung den Eindruck des »schneller« hervorrufen, wie die bei kleineren Lichtblitzen größere Pause den Eindruck des »langsamer«. Lichtdauer, Intensität und (wie Kontrollversuche ergaben) Extensität sind in diesen Wirkungen ihrer Variierung gleichgestellt. Für die Verwechselbarkeit dieser drei Faktoren sind zwei Gründe einleuchtend: 1) bedeutet jede erhöhte Intensität auch eine größere Extensität und längere Dauer infolge der Nachwirkung; 2) bedeutet jede größere Extensität und längere Dauer ebenso wie eine erhöhte Intensität eine vermehrte Energieumsetzung in dem Neuronengebiet, womit (darauf kommen wir später ausführlich zurück) der Eindruck größerer Zeitlichkeit eng verknüpft ist.

Daß die apperzeptive Wirkung von der Zeitlage abhängt, ist theoretisch leicht verständlich. Während in höherer Zeitlage die Pausenempfindung für das Bewußtsein fast unmerklich wird, ist unwillkürlich die Aufmerksamkeit der Lichtempfindung zugewendet; demnach wird eine Apperzeption der Funkenfolge in den höheren Lagen begünstigt. In tieferen Zeitlagen hingegen verlangt die Pause durch ihre Größe eine Beachtung, die die Lichtapperzeption erschwert, die Dunkeleinstellung begünstigt. In einer Mittelzone

halten sich diese natürlichen Einstellungstendenzen die Wage: es ist jene Zone der Gleichheitsauffassung, die unter den gegebenen Bedingungen zwischen 0,4 und 0,6 Sek. liegt.

Der Wert dieser Untersuchungsreihe mit vorschriftsmäßiger Einstellung für die Erklärung der intensiv oder extensiv variierten Lichtreihen ohne vorschriftliche Apperzeption ist damit gegeben. Dort ergab sich, daß Reihen von größerer Dauer oder Intensität langsamer erscheinen in höheren Zeitlagen und schneller in tiefen, während in gewissen Mittellagen eine Indifferenzzone der Gleichheit herrsche. Die vorliegenden Versuche mit Einstellungsvorschrift lösen das Problem der gegensätzlichen Verschiebung. Was bei diesen bewußt, suggeriert durch die Aufgabe geschehen ist: nämlich Einstellung auf eines der Elemente der rhythmischen Gestaltung: Licht oder Dunkel, geschieht dort unbewußt. Fast immer wird das eine Element vor dem anderen bevorzugt. Da, wie die Versuche mit Vorschrift zeigen, in den höheren Lagen eine Bevorzugung der Lichteinstellung, in den tiefen nach Durchschreitung einer Indifferenzzone eine Bevorzugung der Pauseneinstellung erfolgt, so wird auch die unsuggerierte Einstellung den Weg des minimalen Widerstandes gehen. Und da eben die Lichtapperzeption (wirksam bei Vorschriftsfreiheit in hohen Zeitlagen) bei Vergrößerung des Lichtblitzes eine Verlangsamung, die Dunkelapperzeption (wirksam bei Vorschriftsfreiheit in tiefen Zeitlagen) ebendann eine Verschnellerung dem subjektiven Eindruck nach bewirkt, so ist damit auch der Grund jedes gegensätzlichen Eindrucks in vorschriftsfreien Versuchen aufgedeckt.

IV. Untersuchung über die Auffassung betonter (zeitlich regelmäßiger) Lichtrhythmen.

Bei einer regelmäßigen Abfolge von je einem objektiv betonten und je einem unbetonten Lichtreiz, deren zeitlich subjektive Verhältnisse zu bestimmen waren, kamen derart entgegengesetzte Urteile zutage, daß auch hier zu vermuten war, daß entgegengesetzte Einstellungstendenzen am Werke waren. Und so hoffte ich auch hier durch Einstellungsvorschriften eine Trennung jener Tendenzen zu erreichen, um ihre Wirkungen aufzudecken. Als ich nun den Einstellungsmechanismus ebenso wie vorher durch die Aufgabe der Licht- bzw. Dunkelapperzeption für eindeutig gerichtet hielt, mußte ich an vielen Versuchsreihen die Erfahrung machen, daß dies durchaus nicht der Fall war. Ich mußte daher entweder auf die Methode der Vorschriftlichkeit verzichten oder nach einer weiteren Zerlegung des Ein-

stellungsmechanismus suchen. Eine solche Einstellungsart fand ich nun in der Zusammenfassung rhythmischer Gestalten. Indem entweder in fallendem Rhythmus (betont—unbetont) oder in steigendem (unbetont—betont) der Vorschrift gemäß phrasiert wurde, ergaben sich in Verbindung mit einer bestimmten Vorschrift über Pausen- oder Lichtapperzeption durchaus eindeutige Resultate. Die Kombination der beiden Einstellungsarten erfordern demnach vier Versuchsreihen an derselben optisch-rhythmischen Gegebenheit.

Durch gleichzeitige Nebeneinanderschaltung zweier intensiv verschiedener Ströme wurde eine regelmäßige Lichtfolge je eines starken und eines schwachen Blitzes erzeugt. Jede derartige Reihe wurde unter vier verschiedenen, vorschriftsmäßigen Einstellungen der Vp. vorgeführt. Ich bezeichne die Einstellung auf Licht oder Pause als stoffliche, die Einstellung auf steigende oder fallende Phrasierung als gestaltende Einstellung. Die vier verschiedenen Einstellungskombinationen wurden in folgender Reihenfolge durchgeführt:

a) fallende Gestaltung, Lichtapperzeption;
b) fallende Gestaltung, Dunkelapperzeption;
c) steigende Gestaltung, Lichtapperzeption;
d) steigende Gestaltung, Dunkelapperzeption.

Unter dem Gesamttakt verstehe ich die Zeit zwischen dem Eintritt des ersten und zweiten betonten (intensiveren) Lichtreizes. Die Schnelligkeit der gebotenen Lichtrhythmen bewegt sich in der Gesamttaktzeit von 0,6—4,15 Sek.

Ich wende mich dem Gesamtergebnis zu:

Das materiale Ergebnis über die Auffassung betonter Lichtrhythmen bei vorschriftsmäßiger stofflicher und gestaltender Einstellung.

Wie bei akustischen, so beeinflußt auch bei optischen Rhythmen die objektive Betonung die zeitlichen Verhältnisse. Daß dem nicht immer so ist, sondern nur in bestimmten Zeitlagen, ist, wie unten ausgeführt werden soll, theoretisch wohl deutbar. Die nicht leicht durchführbare Allgemeinforderung war auch hier wieder, die logisch-motorischen Hilfsmittel der Beurteilung auszuschalten und sich dem sinnlichen Eindruck ganz hinzugeben. Innerhalb jeder der vier Reihen, die sich durch die möglichen Kombinationen stofflicher und gestaltender Einstellung ergeben, finden wir typische Ungleichheitseindrücke. Bezeichnet man mit 1 das Intervall zwischen dem Eintritt des betonten und unbetonten Lichtreizes, das Intervall zwischen un-

betonten und betonten mit 2, so bedeutet die Ungleichung: $1 < 2$: »Der schwache (kurze) Lichtreiz folgt dem starken (langen) rascher, als der darauffolgende starke dem schwachen folgt[1].« Oder auch: »Der starke Luftreiz folgt dem schwachen langsamer als der schwache dem starken.« Es bedeutet $1 > 2$: »Der starke Lichtreiz folgt dem schwachen rascher als der schwache dem starken[2].« Oder: »Der schwache Lichtreiz folgt dem starken langsamer als der starke dem schwachen.«

Dann ergeben sich folgende Gesetze:

1) Bei einer objektiv regelmäßigen Aufeinanderfolge je eines starken (länger dauernden) und schwachen (kürzer dauernden) Lichtreizes verschieben sich die zeitlichen Verhältnisse im Momente eines bestimmt gerichteten Einstellungsmechanismus.

2) Diese zeitlichen Verschiebungen sind abhängig a) von der gestaltenden Einstellung, b) von der stofflichen Einstellung. Sie sind einander entgegengesetzt bei gleichgerichteter gestaltender und entgegengesetzter stofflicher Einstellung, bei gleichgerichteter stofflicher und verschiedener gestaltender Einstellung.

3) Es ergeben sich also bei vier Einstellungskombinationen je zwei Gegensatzpaare der zeitlichen Verschiebung:

1. Gegensatzpaar: Bei gleichmäßiger Lichtapperzeption herrscht im Falle steigend-rhythmischer Gestaltung die empfundene Ungleichheit: $1 > 2$; im Falle fallend-rhythmischer Gestaltung die Ungleichheit $1 < 2$.

2. Gegensatzpaar: Bei gleichmäßiger Dunkelapperzeption herrscht im Falle steigend-rhythmischer Gestaltung die empfundene Ungleichheit: $1 < 2$; bei fallend-rhythmischer Gestaltung die Ungleichheit $1 > 2$.

Diese Gegensätzlichkeit ist auch am Leitfaden gleicher Gestaltung erkennbar:

3. Gegensatzpaar: Bei gleicher Gestaltung fallender Rhythmik herrscht bei Lichtapperzeption die Ungleichung $1 < 2$, bei Dunkelapperzeption die Ungleichheit $1 > 2$.

---

1) Graphisch: ⌢_ _ (Das Intervall betont — unbetont rückt zusammen.)

2) Graphisch: _ ⌢_ (Das Intervall unbetont — betont rückt zusammen.)

4. Gegensatzpaar: Bei gleicher Gestaltung steigender Rhythmik herrscht im Falle der Lichtapperzeption die Ungleichheit $1 > 2$, bei Dunkelapperzeption $1 < 2$.

Diese doppelte Polarität der Ungleichheit erhellt aus folgender Tafel:

Gestaltung	Stoffliche Einstellung	
	Licht	Dunkel
Fallend	*a*) $1 < 2$	*b*) $1 > 2$
Steigend	*c*) $1 > 2$	*d*) $1 < 2$

4) Die Ungleichheitsauffassung weist in jeder der vier Reihen ein Optimum auf. Eine objektiv scharfe zahlenmäßige Bestimmung des Optimums kann nicht gegeben werden. Das Optimum ist offenbar von individuellen Besonderheiten abhängig. Ein beiläufiges Optimum der Ungleichung *a* ist zwischen 1,6 und 2,1 Sek., der Ungleichung *b* zwischen 0,8 und 2,1 Sek., der Ungleichung *c* zwischen 1,4 und 2,8 Sek., der Ungleichung *d* zwischen 1,6 und 1,8 Sek. feststellbar.

5) Im Verhältnis der vier individuellen Reihen ebenso wie der vier mittelwertigen Reihen zeigen sich typische Gesetzmäßigkeiten.

Bei fallend-rhythmischer Gestaltung ist die obere Schwelle der Ungleichheitsauffassung lichtapperzipierter Folgen viel tiefer als bei dunkel apperzipierter Rhythmik. Umgekehrt ist bei steigender Rhythmik die Schwelle für die Ungleichheitsauffassung lichtapperzipierter Rhythmen höher als für dunkelapperzipierte.

Bei gleichmäßiger Lichteinstellung ist die obere Schwelle der Ungleichheit für fallende Rhythmik tiefer als für steigende; bei Dunkelapperzeption ist die obere Schwelle für fallende Rhythmik höher als für steigende. — Diese Gegensätzlichkeit erstreckt sich auch auf den Zeitlagenumfang der Ungleichungen: Bei fallender Rhythmik ist unter Lichtapperzeption der Umfang kleiner, bei steigender Rhythmik größer als unter Dunkelapperzeption. Unter Lichtapperzeption ist bei fallender Rhythmik der Umfang kleiner, unter Dunkelapperzeption größer als der Umfang bei steigender Rhythmik. Auch für Schwelle und Umfang der Ungleichheitsauffassung soll ein fixer Wert hier nicht konstruiert werden. Die erste der folgenden Tafel läßt jedoch erkennen, daß die eben dargelegten Verhältnisse nicht bloß den resultierenden Mittelwerten, sondern auch den individuellen Reihen untereinander bei jeder einzelnen Vp. entspricht[1]).

1) Sollte sich herausstellen, daß das Verhältnis zwischen objektiver Betonung und Zeitverschiebung auf optischem Gebiet analog dem bereits be-

Die folgende Tafel gibt nun ein übersichtliches Bild der Ungleichungen bei den einzelnen Vpn.

Die vier Reihen, die den vier Einstellungskombinationen entsprechen, sind mit *a, b, c,* ***d*** bezeichnet und haben die S. 149 festgestellte Bedeutung. Jeder dieserReihen entspricht ein typisches Urteil: *a*): $1 < 2$; *b*): $1 > 2$; *c*): $1>2$; ***d***): $1 < 2$. Ich nenne dieses die der Reihe konforme Ungleichung. Das Auftreten einer solchen soll durch + bezeichnet werden; Gleichheit, Ungewißheit oder die selten vorkommende entgegengesetzte Ungleichung soll durch Leerlassen des Feldes angedeutet sein.

Tafel der typischen Ungleichungen der vier Einstellungskombinationen bei betonten Lichtreihen.

	Li				Wü				Ra				Be			
	a:1<2	*b*:1>2	*c*:1>2	*d*:1<2	*a*:1<2	*b*:1>2	*c*:1>2	*d*:1<2	*a*:1<2	*b*:1>2	*c*:1>2	*d*:1<2	*a*:1<2	*b*:1>2	*c*:1>2	*d*:1<2
0,6																
0,7		+														
0,73						+										
0,75						+				+						
0,8		+				+				+						
0,89		+			+	+				+						
1,00		+			+				+	+						
1,10		+	+		+	+	+							+		
1,2			+	+	+	+	+	+	+					+		
1,4			+	+	+	+	+	+		+	+			+		
1,6	+	+	+			+	+	+	+		+		+	+		
1,8	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+		
2,1	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
2,82	+					+	+				+	+	+	+	+	+
3,5	+										+	+	+	+	+	
4,15	+										+		+		+	

In einer weiteren Tafel (S. 153) sind nun die Gesamtergebnisse zusammengestellt, indem das Verhältnis der konformen zu den akon-

kannten auf akustischem Gebiet wäre: daß also fallende Rhythmik eine Verkürzung des gestalteten Intervalles (Í—II), steigende Rhythmik eine Verlängerung desselben (ÍI—I) bedinge (vgl. Benussi: Psychologie der Zeitauffassung, S. 298), dann müßte angenommen werden, daß bei fallender Betonung die *a*-Kombination: $1 < 2$, bei steigender Betonung die *d*-Kombination: $1 > 2$ bevorzugt würde. Das hieße: daß fallende Rhythmik die Lichtapperzeption, steigende die Dunkelapperzeption begünstige. Diese bestimmte unbewußte Einstellungsbegünstigung wäre theoretisch wohl deutbar.

Tafel der Gesamtergebnisse betonter Lichtreihen mit Einstellungsvorschrift.

Doppelzeit der Aufeinanderfolge zweier Blitze = Dauer des Gesamttaktes	Verhältnis der konformen Urteile zu den akonformen bei 4 Vpn. in 4 Reihen			
	a): 1 < 2	*b*): 1 > 2	*c*): 1 > 2	*d*): 1 < 2
0,6	0 : 4	0 : 4	0 : 4	0 : 4
0,7	0 : 4	1 : 3	0 : 4	0 : 4
0,73	0 : 4	1 : 3	0 : 4	0 : 4
0,75	0 : 4	**3 : 1**	0 : 4	0 : 4
0,8	0 : 4	**3 : 1**	0 : 4	0 : 4
0,89	1 : 3	**3 : 1**	0 : 4	0 : 4
1,00	2 : 2	**2 : 2**	0 : 4	0 : 4
1,10	1 : 3	**3 : 1**	2 : 2	0 : 4
1,2	2 : 2	**2 : 2**	2 : 2	2 : 2
1,4	1 : 3	**2 : 2**	**3 : 1**	2 : 2
1,6	**3 : 1**	**3 : 1**	**3 : 1**	1 : 3
1,8	**3 : 1**	**4 : 0**	**3 : 1**	**3 : 1**
2,1	**3 : 1**	**3 : 1**	**4 : 0**	**3 : 1**
2,82	2 : 2	2 : 2	**3 : 1**	**2 : 2**
3,5	2 : 2	1 : 3	2 : 2	1 : 3
4,15	2 : 2	0 : 4	2 : 2	0 : 4

formen bei vier Vpn. in den einzelnen Einstellungsreihen und den einzelnen Zeitlagen mitgeteilt wird. Diejenige Zeitlage, in der die Anzahl der konformen Ungleichungen die der akonformen überwiegt, ist durch Fettdruck hervorgehoben.

Theoretische Deutung der Auffassung betonter Lichtrhythmen.

Bei einfach betonten Rhythmen sind vier Einstellungskombinationen möglich, indem eine solche Reihe 1) als betont-unbetont oder unbetont-betont erlebt werden kann, 2) aufgefaßt zu werden vermag durch Einstellung auf die Licht- oder Pausenfolge. Jeder der Kombinationen entspricht ein typisches Ungleichheitsurteil. Die Theorie versucht nun, den Grund dieser typischen Ungleichungen aufzudecken. Eine derartige gegensätzliche subjektive Verschiebung der zeitlichen Verhältnisse eines und desselben objektiven Bestandes läßt von vornherein vermuten, daß das zugrunde liegende visuell-zeitliche Erlebnis bedingt ist durch mehrere Faktoren, die bei identischem Geschehen durchaus nicht in derselben Richtung wirken müssen, sondern deren Resultante erst ein bewußtes Ergebnis liefert. Es soll einer anderen Untersuchung vorbehalten sein, über das Wesen des zeitlichen Be-

wußtseins empirisches und rationales Material zu beschaffen; hier mag bloß eine plausible Deutung, die sich eng an die Ergebnisse anschließt, vorgetragen sein. Vor allem muß ein wesentlicher Unterschied zwischen motorischem und innerlich perzipiertem Rhythmus festgehalten werden. Während beim rein motorischen Rhythmus der zeitliche Ablauf stets querschnittlich, das heißt an der kontinuierlich fließenden Änderung des Inhaltes im Zeitpunkte gemessen wird, wird dies Kontinuum bei perzipierten Rhythmen durchaus in Zeitstrecken gebrochen. Während bei rein motorischer Rhythmik das sinnliche zeitpunktliche Erlebnis maximal, das vorstellungsmäßige, zeitlich ausgedehnte minimal ist, ist das Verhältnis umgekehrt bei der perzipierten Rhythmik. Hier ist das Zeitpunkterlebnis minimal. Man könnte auch sagen: Die rein motorische Zeitlichkeit ist kontinuierlich, die rein perzipierte ist fraktioniert. In gewissem Sinne bedeutet dies einen Gegensatz. Vulgär gesprochen ist es der Gegensatz, der bestehen kann zwischen der Geschwindigkeit eines Ereignisses im momentanen Erleben und seiner Dauer im rückschauenden. Ein von fesselnden Inhalten stark besetztes Geschehen scheint uns rasch abzulaufen, fassen wir es im Gedächtnis hingegen zusammen, so erscheint es lange. Das motorisch-zeitliche Erleben hatten wir im ersten Teil unter ein hypothetisches Gesetz gestellt, das lautete: Je stärker die inhaltlichen Umsetzungen im Querschnitt des Bewußtseins, desto größer die subjektive Geschwindigkeit. Das perzipiert-zeitliche Erleben stellen wir unter ein hypothetisches Gesetz, das lautet: Je umfangreicher der seelische Inhalt, desto länger dieselbe objektive Dauer. Lokalzeichen der Zeit anzunehmen, scheint mir angesichts der subjektiven Relativierung bedenklich. Man darf sich auch nicht beirren lassen durch den Gegensatz der Wirkung auf das Gesamtbewußtsein, sobald das Erlebnis einer Geschwindigkeit oder das einer Dauer im Mittelpunkte steht. Eine intensivere motorische Masse ruft bei Zeitpunkterlebnis den Eindruck der Beschleunigung hervor, so sahen wir früher. Dieselbe Intensitätserhöhung würde bei rückschauendem Erlebnis der Dauer den Eindruck der Verlangsamung machen.

Wir bezeichnen jene seelischen Inhalte, an deren Umfangreichtum der Eindruck der zeitlichen Länge proportional geknüpft ist, als direkte Faktoren. Indirekt kann Zeitlichkeit mannigfach erschlossen werden: aus der Vorstellung von Arbeitseffekt, aus Langeweile, Überraschung usw.

Um die direkten Faktoren der Zeitlichkeit herauszuschälen, knüpfen wir an die durch die gegebenen Verhältnisse erzeugten objek-

tiven und subjektiven Überwerte einzelner Reihenelemente vor anderen an. Die objektiven Betonungsunterschiede enthalten einen solchen Variationsfaktor, den ich Empfindungsfülle nenne. Die subjektive Phrasierung in steigender und fallender Gestalt ist ein zweiter: ihn nenne ich Gestaltung. Und die wirksame Apperzeption des Lichtes oder Dunkels ist ein dritter Faktor, der Einstellung schlechtweg heißen soll. Wir prüfen nun die Wirkungen dieser drei Faktoren, wenn auch bloß theoretisch, so doch mit möglichst geringer Hinzunahme hypothetischer Voraussetzungen.

1. Die Wirkung der (apperzipierten) Empfindungsfülle. Hier können wir uns auf die Ergebnisse der Versuchsreihen bei unbetonter Lichtfolge stützen. Die stärkere Fülle verursacht unter sonst gleichen Umständen eine Verlängerung des Intervalls. Der vermehrte Inhalt setzt sich um in größere Zeitlichkeit. Bei Lichtapperzeption bewirkt dieser Faktor immer die Ungleichung: $1 > 2$. Bei Pauseneinstellung ist die apperzipierte Empfindungsmenge des Dunkeln von 1 (wegen der stärkeren Absorption durch das intensivere Licht) geringer als die von 2. Deshalb ist die entgegengesetzte Ungleichung das Resultat: $1 < 2$. Es ist dabei gleichgültig, ob fallender oder steigender Rhythmus erlebt wird.

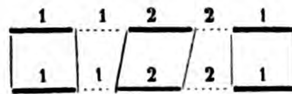
Tafel des Verhältnisses der apperzipierten Empfindungsfülle E.

		Lichteinstellung	Dunkeleinstellung
Rhythmus	fallend	$E_1 > E_2$	$E_1 < E_2$
	steigend	$E_1 > E_2$	$E_1 < E_2$

2. Die Wirkung der Gestaltung. Die reine Wirkung der Gestaltung unter Ausschaltung der objektiven Betonungsverhältnisse ergibt sich bei subjektiver Betonung einer objektiv vollkommen regelmäßigen unbetonten Lichtreihe. Nimmt man an — und Kontrollversuche stützen diese Annahme vollständig — daß die zeitlichen Verschiebungen durch subjektive Betonung auf optischem Gebiet denjenigen auf akustischem analog sind, dann ist die Gestaltungswirkung festgelegt. Wenn man die Lichtblitze durch stark ausgezogene Strecken, die Pausen durch punktierte Linien andeutet, dann können die subjektiv dabei auftretenden Verschiebungen graphisch so angedeutet werden:

Objektiv:

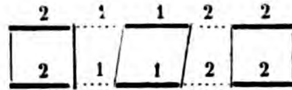
Subjektive Verschiebung:



Fallende Rhythmik.

Objektiv:

Subjektive Verschiebung:



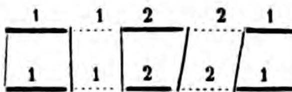
Steigende Rhythmik.

Es ist damit die bekannte Tatsache verbildlicht, daß subjektiv-fallende Betonung eine Zusammenziehung des Intervalls 1, subjektiv-steigende eine Zusammenziehung des Intervalls 2 veranlaßt.

Diese Verhältnisse stimmen für Lichteinstellung. Bei Dunkeleinstellung ist die Rhythmik an die »Dunkelblitze« (wie eine Vp. sagte) geknüpft. Darum wird die subjektive Verschiebung bei Dunkeleinstellung sich zu der bei Lichteinstellung wie das Negativum zum Positivum verhalten:

Objektiv:

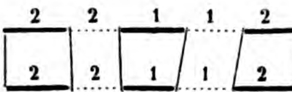
Subjektive Verschiebung:



Fallende Rhythmik.

Objektiv:

Subjektive Verschiebung:



Steigende Rhythmik.

Diese Verhältnisse stimmen für Dunkeleinstellung. Bei fallender Gestaltung rückt Dunkel 2 an Dunkel 1 heran; das Ausruhen erfolgt auf der belichteten »Pause« 1. Der Beginn des Funkens 1 rückt so dem Beginn des Funkens 2 ferner; es ist $1 > 2$; bei steigender Rhythmik ergibt die reine betonende Phrasierung durch Dunkelverschiebung: $2 > 1$. Es ist also zu beachten, daß trotz Dunkeleinstellung die Gestaltung mit dem Lichtreiz beginnt (wie dies auch introspektiv feststeht) und die Aufeinanderfolge der Lichtblitze nicht aus dem Auge verloren wird. Die Wirkung der reinen Gestaltung zeigt sich also in folgender Tafel:

Tafel der reinen Gestaltungswirkung.

		Lichteinstellung	Dunkeleinstellung
Rhythmus	fallend	$1 < 2$	$1 > 2$
	steigend	$1 > 2$	$1 < 2$

3. Die Wirkung der Einstellung. Hier kommen wir ohne theoretische Annahmen nicht aus. Der Begriff einer stofflichen Ein-

stellung enthält in sich das Merkmal der Hemmung alles dessen, was die Deutlichkeit beeinträchtigt. Die Lichteinstellung erfordert andere Hemmungen als die Dunkeleinstellung. Bei Lichteinstellung ist vor allem die Gefahr der Verschmelzung der beiden Lichter gegeben. Bei schwachen Funken ist die Möglichkeit der Anhängung desselben an das intensivere Licht eher möglich als umgekehrt. Der schwache Funke muß also schärfer erfaßt werden. Jedoch nicht deshalb allein, weil der starke Funke eine festere Kontur hat, sondern auch deshalb, weil dem schwachen Funken eine objektiv und subjektiv kürzere Trennungspause vorausgeht als dem intensiveren[1]). Der schwache Funke erhält also besonders in höheren Lagen ein Plus an Einstellungsenergie, die als innerer Gehalt eines seelischen Geschehens die Dauer vergrößert. Lichteinstellung wirkt also sowohl bei steigender als auch fallender Gestaltung im Sinne einer Ungleichheit: $1 < 2$.

Die trennende Kraft der Lichtreize ist zu groß, der physiologische Unterschied der Dunkelreize zu klein, als daß diese Verhältnisse analoge Anwendung auf die Dunkeleinstellung finden könnten. Jedoch tritt hier für die Einstellung die Aufgabe in den Vordergrund, die Lichtnachwirkung zu beseitigen, um »Dunkelblitze« zu erhalten. Die Nachwirkung des Lichtes ist nun durchaus keine theoretische Annahme, sondern war, wie Aussagen der Vpn. beweisen, in Pauseneinstellung jedesmal sehr aufdringlich. Sie stellt sich auch introspektiv zur reinlichen Erfassung der Dunkelgestalt als größer heraus nach starkem als nach schwachem Lichte. Demnach ist die Erfassung des Dunkels von 1 schwieriger als die Erfassung des Dunkels 2. Diese hemmende Erfassung als Erlebnisinhalt (»Anstrengung«) infolge Lichtnachwirkung, muß demnach im Sinne einer Ungleichung: $1 > 2$ unter sonst gleichen Umständen sowohl für steigende als auch für fallende Gestaltung wirken.

Ordnen wir nun die Ungleichungen, die sich als Wirkung der hemmenden Einstellung ergeben, in folgender

Tafel der reinen Einstellungswirkung.

		Lichteinstellung	Dunkeleinstellung
Rhythmus	fallend	$1 < 2$	$1 > 2$
	steigend	$1 < 2$	$1 > 2$

1) Vielleicht erschwert auch der Kontrast des Helleren die volle Auffassung des weniger Hellen.

Fassen wir die theoretisch deduzierten Ungleichungswirkungen in einer gemeinsamen Tafel zusammen:

Direkter Faktor	Fallende Gestaltung		Steigende Gestaltung	
	Licht-einstellung *a*	Dunkel-einstellung *b*	Licht-einstellung *c*	Dunkel-einstellung *d*
Empfindungsfülle	$1 > 2$	$1 < 2$	$1 > 2$	$1 < 2$
Gestaltung	$1 < 2$	$1 > 2$	$1 > 2$	$1 < 2$
Hemmende Einstellung	$1 < 2$	$1 > 2$	$1 < 2$	$1 > 2$

Ein Blick auf die vorliegende Tafel zeigt, daß bei jeder Einstellungskombination zwei Tendenzen zu einer bestimmten Ungleichung gegen die dritte entgegengesetzte Tendenz stehen. Aus dieser Zweimächtigkeit folgt: Bei fallender lichtapperzipierender Gestaltung überwiegt die Tendenz der Verkleinerung des ersten Intervalls; bei fallender dunkelapperzipierender Gestaltung überwiegt die Tendenz der Vergrößerung des ersten Intervalls; bei steigender lichteingestellter Gestaltung überwiegt die Tendenz zur Vergrößerung des Intervalls; bei steigender dunkeleingestellter Gestaltung überwiegt die Tendenz zur Verkleinerung des ersten Intervalls.

Damit ist die Kongruenz der Theorie und der allgemeinen Experimentalergebnisse erwiesen.

Diskussion der speziellen Ergebnisse der betonten Lichtreihe.

Soll die vorgelegte Theorie befriedigen, dann muß sie sich auch mit den besonderen Tatsachen, welche für Schwellen der Ungleichungen und deren Abstandsumfang gelten, decken. Ich setze zur besseren Erinnerung ein Diagramm (Fig. 2) bei, das die Schwellenverhältnisse der Ungleichungen in den vier Reihen veranschaulichen soll[1]).

Scheinbar im Widerspruch zu der in den Versuchen über unbetonte Lichtreihen gefundenen Tatsache, daß die Lichtapperzeption besonders in höheren Lagen sich aufdrängt, steht die Tatsache, daß gerade die dunkelapperzipierten Rhythmen bei gleicher fallender Gestaltung eine höhere obere Ungleichheitsschwelle haben. Der Gegensatz ist nur scheinbar, in Wirklichkeit steht dieses experimentelle Ergebnis im Einklang mit der Theorie. Wir haben bisher die drei Faktoren als gleichwertige Tendenzen behandelt. Nun müssen wir aber berück-

1) Vgl. Tafel der Gesamtergebnisse, S. 153.

sichtigen, daß je nach der Zeitlage bald der eine, bald der andere Faktor stärkere oder schwächere Wirkungen hat. So bedenke man, daß die Empfindungsfülle ein Faktor ist, der bei Lichtapperzeption besonders in hohen Zeitlagen (den vorhin gemachten Angaben entsprechend) mächtig zu denken ist. Nun befindet er sich aber bei lichteingestellter fallender Rhythmik (Reihe *a*) im Gegensatz zu den beiden anderen aus Gestaltungs- und Ausgleichsenergie hervorgehenden Tendenzen. Die Folge davon ist, daß er deren Wirkung dort stark abschwächen wird, wo er besonders wirksam ist, also in höheren Lagen. Dadurch wird der Einfluß der beiden andern Faktoren sich erst in tieferen Lagen äußern können: die obere Schwelle der Ungleichung also stark herabgedrückt werden.

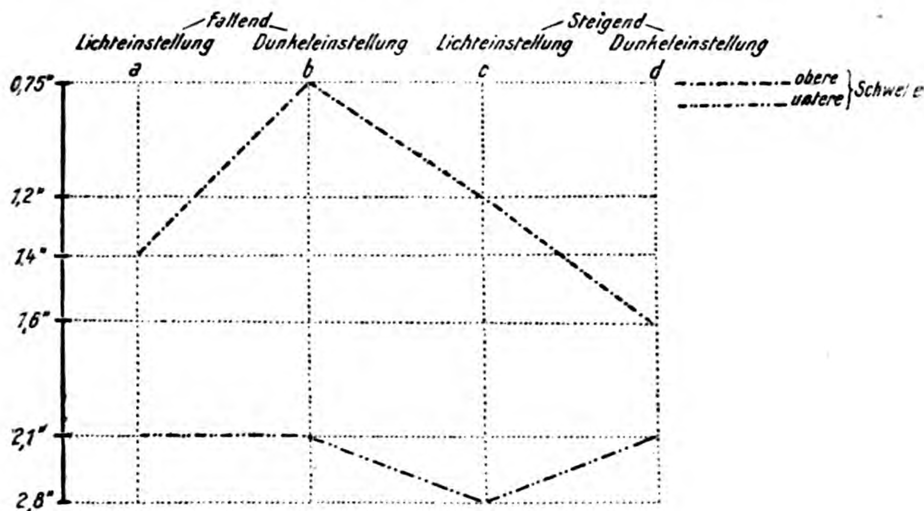


Fig. 2.

Hingegen wirkt bei lichteingestellter steigender Rhythmik der Faktor der Empfindungsfülle im Sinne der resultierenden Ungleichheit (Reihe *c*). Deshalb kann die Lichtapperzeption sich schon in höheren Lagen bemerkbar machen und dort das konforme Ungleichheitsbewußtsein hervorrufen, während die Wirkung der gleichgestalteten Dunkeleinstellung erst in tiefen Lagen zum Ausdruck kommen kann.

Die untere Grenze der Ungleichheitsauffassung ist gegeben durch die vor allem experimentell festgelegte Erscheinung, daß in tieferen Zeitlagen sich mehr und mehr die logischen Grundlagen einer Zeitmessung bemerkbar machen. Der vom Versuchsleiter der Vp. induzierte Wille, sich vollkommen naiv dem sinnlichen Eindruck hinzugeben, scheitert in tiefen Zeitlagen daran, daß die Schwierigkeit,

rein optisch die sukzessiven Elemente zusammenzufassen, der Tendenz einer akustischen loko- oder lautmotorischen Unterstützung sehr entgegenkommt, so daß die logisch erkannte Gleichheit die empfindungsmäßig erfaßte Ungleichheit verdrängt. Es liegt also vermutlich die Bedingung für den unteren Schwellenwert nicht in der Verschiebung des Kräfteverhältnisses jener drei Faktoren, sondern in dem Überhandnehmen logifizierender Beurteilung.

Auf Grund dieser Verhältnisse kann es nicht schwer fallen, die Gegensätzlichkeit des Zeitlagenumfangs theoretisch zu erklären. Da mit geringen Ausnahmen die untere Grenze sich ungefähr gleich bleibt, so ist auch durch die höhere Lage des oberen Schwellenwertes ein größerer Umfang bedingt. In der *a*-Reihe wirkt, wie bereits erörtert, der gegensätzliche Faktor der Empfindungsfülle ziemlich bedeutend in den oberen Lagen. Die obere Ungleichheitsschwelle wird daher stark hinuntergedrückt. In der *b*-Reihe kann sich der dem konformen Urteil entgegengesetzte Faktor der Empfindungsfülle wegen der Pauseneinstellung erst in tiefen Lagen bemerklich machen. Die obere Grenze der Ungleichheit ist darum ziemlich hoch. In der *c*-Reihe wirkt der Faktor der Empfindungsfülle im gleichen Sinne mit dem resultierenden konformen Ungleichheitsurteil. Da hier Lichtapperzeption herrscht, wird die Wirkung dieses Faktors schon in oberen Lagen zum Ausdruck kommen, während in der *d*-Reihe, wo Dunkeleinstellung erfolgte, die Ungleichheit erst dort auftreten kann, wo der im gleichen Sinne mit der resultierenden Ungleichung wirkende Faktor der Empfindungsfülle zu dem der Gestaltung ergänzend hinzutritt, also recht tief. Es resultiert daher rein theoretisch für *b* und *c* eine hohe Schwelle der Ungleichung, für *a* und *d* eine tiefe. Deshalb muß der Zeitlagenumfang für die Ungleichheit in der *b*- und *c*-Reihe groß, in der *a*- und *d*-Reihe klein sein. Auch dies steht mit den experimentellen Tatsachen in Übereinstimmung.

Unter den Reihen mit hoher oberer Schwelle (*b* und *c*) muß ferner die *b*-Reihe rein theoretisch einen größeren Umfang der Ungleichungen haben als die Reihe *c*; denn in *b* fällt in den oberen Lagen der dort unwirksame (unkonforme) Faktor der Empfindungsfülle (Dunkeleinstellung?) fast ganz fort, so daß bloß zwei konforme Faktoren übrigbleiben, während in der *c*-Reihe bei Lichteinstellung alle drei Faktoren wirken, von denen einer unkonform ist (nämlich der der Einstellungsenergie).

Tafel der Faktorenwirkung in den höheren Zeitlagen bei Reihen mit hoher Oberschwelle.

	b-Reihe	*c*-Reihe
Empfindungsfülle	—	1 > 2
Gestaltung	1 > 2	1 > 2
Einstellung	1 > 2	1 < 2

Unter den Reihen mit tiefer Oberschwelle (*a* und *c*) muß theoretisch der Reihe *a* ein größerer Umfang der Ungleichungen zugesprochen werden als der Reihe *d*. Denn in *d* ist der im Sinne der resultierenden Ungleichung wirkende Faktor der Empfindungsfülle (Dunkeleinstellung) in oberen Lagen unwirksam, so daß zwei einander entgegengesetzte Faktoren der Ausgleichungs- und Gestaltungsenergie übrigbleiben, während in *a* wenigstens das Vorhandensein zweier gleichgerichteter Faktoren gegen einen mächtigen dritten gerichtet ist.

	a-Reihe	*d*-Reihe
Empfindungsfülle	1 > 2	—
Gestaltung	1 < 2	1 < 2
Einstellung	1 < 2	1 > 2

Die Konsequenzen dieser Theorie sind also 1) eine Teilung in die Reihen *b* und *c* mit hohen Oberschwellen, *a* und *d* mit tiefen; 2) eine Gliederung nach dem Umfang der Ungleichungen vom größten bis zum kleinsten in der Folge: *b*—*c*—*a*—*d*. Auch hier decken sich Theorie und Versuch.

Anhang.

(Kurvenbeispiele.)

Aus dem umfangreichen Kurvenmaterial sollen einige wenige Beispiele herausgegriffen werden, um die im ersten Teil festgestellten Störungserscheinungen zu versinnlichen. Die erste Zeile jedes Beispiels zeigt das Bild des motorischen Rhythmus, die zweite enthält die Registrierung der Fünftelsekundenuhr. Die dritte Linie zeichnet die Intervalle der rezipierten Rhythmen auf. Die in manchen Beispielen vorhandene vierte Zeile dient der Registrierung etwaiger Mitbewegungen.

Zeichenerklärung: Die zwischen den motorischen Kurven stehenden Ziffern bezeichnen die abgelesenen Phasenintervalle, ausgedrückt in Fünftelsekunden. *t* ist das Intervall des störenden perzipierten Rhythmus, dessen Länge in Sekunden durch die daneben stehende Zahl bezeichnet ist.

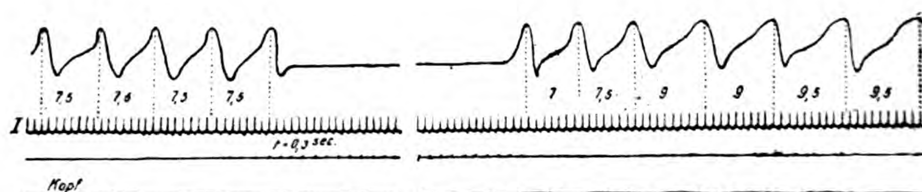


Fig. 3.

Kurve I: Störung des rhythmischen Gedächtnisses durch schnelle perzipierte Rhythmik. (Tendenz der Verlangsamung nach Störung.)

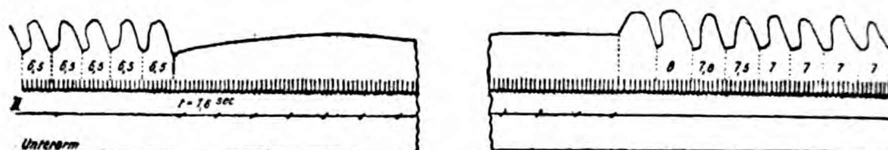


Fig. 4.

Kurve II: Störung des rhythmischen Gedächtnisses durch langsame perzipierte Rhythmik. (Tendenz der Beschleunigung.)

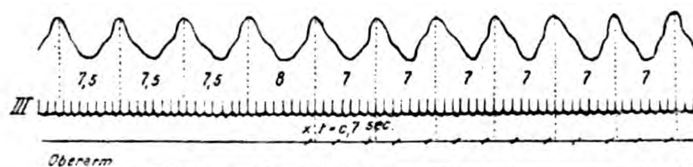


Fig. 5.

Kurve III: Simultanstörung der Anpassung der motorischen Rhythmik an eine optische Reihe.

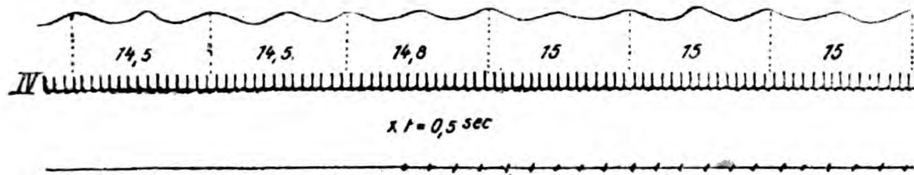


Fig. 6.

Kurve IV: Simultanstörung der Verlangsamung der motorischen Rhythmik durch optisch-rhythmische Einwirkung.

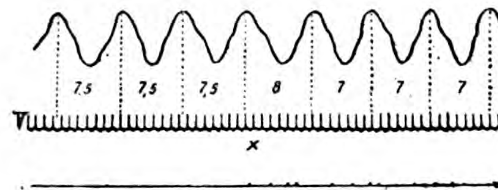


Fig. 7.

Kurve V: Kontrollversuch. Ablenkungsstörung der Beschleunigung durch Einwirkung unrhythmischer optischer Reize.

(Eingegangen am 6. März 1917.)

Anmerkung

von

V. Benussi (Graz).

Durch ein Versehen meinerseits ist auf S. 275 (Z. 2 von unten) meiner Abhandlung über Scheinbewegungskombination (dieses Archivs Bd. XXXVII S. 233—282) folgende Fußnote ausgeblieben:

Über die verschiedenen Formen relativer Scheinbewegungen die u. g. U. trotz Beibehaltung gleicher Reizkomplexe (am in Fig. 19 abgebildeten Apparate) zu beobachten sind, sowie über die Beziehungen solcher Scheinbewegungen zu den hier allein in Betracht gezogenen Kombinationsfällen, wird Frl. Dr. M. Urbas (vgl. oben S. 268) ausführlich berichten.

(**Eingegangen am 13. Mai 1918.**)

Negative Abstraktion und Nebenaufgabe.

Von

Dr. **A. A. Grünbaum** (Amsterdam).

Die experimentelle Untersuchung der Abstraktionsprozesse wurde eingeleitet im Jahre 1904 durch Külpes Versuche über Abstraktion. Zum ersten Male ist dort in einem experimentellen Zusammenhang die Bedeutung der von der Vp. übernommenen Gesichtspunkte für die Richtung und den Ablauf der Abstraktion betont und die Aufgabe ausdrücklich in den Kreis der experimentell variierbaren Bedingungen aufgenommen worden. In rascher Folge danach erschien eine Anzahl der Untersuchungen, welche die Abstraktionsprobleme von verschiedenen Seiten aufzuklären suchten.

Eine sorgfältige Arbeit aus dem Leipziger Kreise von Mittenzwey (1907) erwies an der Hand der Schwellenwerte die primäre objektive Trennung der Teilinhalte in der scheinbaren Einheit der Gegenstandsauffassung; es hat sich nämlich herausgestellt, daß die sogenannten unselbständigen Momente nicht einen und denselben Bewußtseinsgrad besitzen, sondern im Relief des Bewußtseins auf verschiedenen Höhen sich verteilen. Damit war die objektive Grundlage für eine weitere abstraktive Sonderung der Inhalte erwiesen.

In den 1907 veröffentlichten Experimenten habe ich an einem speziellen Fall (der Gleichheitsrelation) gezeigt, wie für die Gleichheitsauffassung auf den rein mechanischen Momenten der Summation der sinnlichen Aufdringlichkeit gleicher Elemente der Akt der Relationssetzung in seinen verschiedenen Stufen aufgebaut und dadurch ein Abstraktionsprozeß eingeleitet wird. Dabei konnte ich eine Verschiedenheit der apperzeptiven und der intentional bedingten Momente der abstraktiven Auffassung ans Licht setzen. Gleichzeitig habe ich den Begriff der Aufgabe differenziert durch die Einführung der Abstufung einer Haupt- und einer Nebenaufgabe. In der Gesamtleistung galt das Herausfinden und Fixieren zweier gleicher Figuren aus einem Komplex der voneinander verschiedenen Bilder als Hauptaufgabe, dagegen das Merken und Wiedererkennen der

anderen Figuren als Nebenaufgabe[1]). Zu diesem Zwecke wurde in der Instruktion betont, daß die Aufgabe vor allem darin besteht, zwei gleiche Figuren herauszufinden, um sie auf dem Papier später möglichst zu reproduzieren. Nachdem das geschehen ist, sollte man sich aber der Nebenaufgabe zuwenden. In den Ausdrücken der Vulgärpsychologie — damit der tatsächliche Verlauf durch keine Theorie präjudiziert wäre — wurde die Nebenaufgabe die »Beachtung« der anderen Figuren genannt. Tatsächlich war aber dabei eine Rangordnung der Aufgaben geschaffen. Zuerst dadurch, daß die Hauptaufgabe in unserem Falle interessanter, »geistiger« und für die Selbstbeobachtung grundlegender und ergiebiger ist als die Nebenaufgabe; weiter durch die Formulierung der verschiedenen sachlichen Bedeutung und zeitlichen Aufeinanderfolge der Einstellungen auf die Haupt- und Nebenaufgabe. Schließlich aber durch den Hinweis darauf, daß die gleichen Figuren herausgesucht und wirklich reproduziert werden müssen, was gegen das bloße Merken und eine viel schwächere Zuwendung verlangende Wiedererkennen der ungleichen Figuren sicher eine Überordnung bedeutet. Die effektive Bedeutung der so eingeleiteten Rangordnung der Aufgaben zeigte sich darin, daß wirklich trotz der Benennung der Nebenaufgabe als »Beachtung« der nicht gleichen Figuren die Abstraktion schon an den quantitativen Resultaten offenbar wurde, indem im Falle der Lösung der Hauptaufgabe in der Nebenleistung viel weniger beachtet wurde als im Falle eines Mißerfolges in der Hauptaufgabe.

Die Ergebnisse dieser Arbeit wurden bestätigt in einer schon früher in dem Wundtschen Laboratorium eingeleiteten, aber später zu Ende geführten Arbeit von Theodor Moore (1910). Dieser Autor hat weiter an der Hand seiner Versuchsanordnung (tachistoskopische Exposition der aufeinander folgenden Figurenkomplexe, die alle ein identisches Element enthielten) die Entwicklung des positiv Abstrahierten von einer nicht anschaulichen zu einer anschaulichen Bestimmtheit aufgedeckt. Das quantitative Verhältnis der positiven und negativen Abstraktionseffekte erwies sich bei seiner Anordnung genau als dasselbe wie bei meinen Versuchen, bei welchen die negative Abstraktion in die Nebenaufgabe verlegt wurde. Moore fand nämlich, daß bei guter Erfassung des identischen Elementes (positive Abstraktion) eine größere Vernachlässigung der nicht identischen Figuren stattfand (negative Abstraktion) als im Falle der nicht gelungenen positiven Abstraktion.

Bedenkt man, daß in der Mooreschen Instruktion keine Rede

1) Arch. f. ges. Psych. Bd. XII. S. 354.

von einer besonderen Beachtung der nichtidentischen Figuren war und keine Differenzierung der Haupt- und Nebenaufgabe durchgeführt wurde, so folgt aus der trotzdem sich findenden Übereinstimmung seiner und meiner Ergebnisse, daß die bei mir eingeführte Beachtung der nichtidentischen Figuren in der Nebenaufgabe keinesfalls gleichzusetzen ist mit dem gewöhnlichen Beachten, da solches doch alle sog. abstraktiven Effekte des Absehens aufheben müßte. Wir haben es daher in dem Beachten in der Nebenaufgabe nur mit einem Nebenbeachten zu tun, das eine psychische Einstellung oder ein Mechanismus ist, der nicht beurteilt werden darf als eine einfache ungeteilte Aufmerksamkeitszuwendung. Das Beachten in der Nebenaufgabe scheint daher vorerst ähnliche Effekte des Absehens zu zeitigen, wie das Nichtbeachten in der Hauptaufgabe infolge der Enge des Bewußtseins. Dieser Zusammenhang der abstraktiven Verhältnisse mit der Rangordnung der Haupt- und Nebenaufgabe und die reale Wirkung der Nebenaufgabe im Sinne der negativen Abstraktion sind wichtig genug, um ihnen eine eingehendere Erörterung zu widmen.

Eine nähere theoretische Klärung dieses Verhältnisses kann ich geben auf Grund der Untersuchung von Ernst Westfal vom Jahre 1911 über »Haupt- und Nebenaufgabe bei den Reaktionsversuchen«, in welcher die grundlegende Struktur der »Bewußtseinsstufen« aufgedeckt ist. Die Differenzierung einer zusammengesetzten Aufgabe nach der Rangordnung der Haupt- und Nebenaufgabe bildet, wie wir nach dieser Untersuchung jetzt einsehen, ein unumgängliches Mittel zur Vollziehung der komplexen Leistungen. Diese Rangordnung der Aufgaben wird in den Bewußtseinsmechanismen zustande gebracht durch Verteilung der entsprechenden Leistungen auf verschieden hohen Bewußtseinsstufen. Westfal spricht von Bewußtseinsstufen als von verschiedenen Arten des funktionellen Bezogenseins auf die Inhalte. Diese Stufen sind zu unterscheiden einerseits von den bloß sinnlichen Graden der Deutlichkeit, anderseits von den apperzeptiven Graden der Klarheit, da sie nicht einfache Aufmerksamkeitsphänomene darstellen, sondern den Ausdruck bilden für verschiedene intellektuelle durch den strukturellen Zusammenhang der Aufgaben bestimmte Stellungnahmen des Bewußtseins zu den dargebotenen Inhalten[1]).

1) In der Abhandlung über die »Erscheinungsweisen des Bewußtseins« (Archiv für die ges. Psychologie. Bd. XXXVII) gebe ich die nähere Analyse und Kritik des Begriffs der Bewußtseinsstufe und versuche dort seine verschiedenen Bedeutungen zu differenzieren. An dieser Stelle sei also der Name der Bewußtseinsstufe bloß gebraucht als eine vorläufige summarische Bezeichnung für die nichtapperzeptiven Grade der Bewußtseinsbestimmtheit.

Im Sinne dieser Aufstellungen können wir sagen, daß, je mehr die Forderungen erfüllt sind, die durch den Gesichtspunkt und die Bedürfnisse der momentanen Aufgabe intendiert sind, desto höher die Bewußtseinsstufe der entsprechenden psychischen Inhalte ist. Die Bewußtseinsstufen der Inhalte spiegeln in dem statischen intentionalen Relief die Abstufungen der Zielstrebigkeiten ab, die ich allgemein als Rangordnung der Haupt- und Nebenaufgaben bezeichnete. Die Verschiedenheit der Bewußtseinsstufen in einem momentanen Komplex tritt in Erscheinung durch die verschiedenen Grade der Abstraktion der einzelnen Inhalte, die auf diese Stufen verteilt sind. Die Bestimmtheit eines Inhaltes, besehen von der Seite der intentionalen Akte, drückt sich somit aus in seiner Bewußtseinsstufe. Dieselbe Bestimmtheit als ein Aufmerksamkeitseffekt gedacht, ist der Abstraktionsgrad dieses Inhaltes. Die hier postulierte innere Verwandtschaft der Bewußtseinsstufen mit den Graden der Abstraktion dokumentiert sich u. a. auch in der Übereinstimmung der einzelnen Bewußtseinsstufen mit den einzelnen Arten der abstraktiven Gleichheitserfassung, die von mir aufgedeckt wurden[1]). Tatsächlich hat auch Westfal in mannigfachen Anordnungen nachgewiesen, daß das intentionale Relief der Bewußtseinsstufen, durch die bewußte Übernahme der Rangordnungen der Haupt- und Nebenaufgabe zustande gebracht, eine abstraktive Sonderung der verschiedenen Leistungen mit sich bringt. Für die Hauptleistung stellen sich relativ höhere Bewußtseinsstufen ein, für die Nebenleistung relativ niedere, wodurch die Nebenleistung in einem abstraktiven Verhältnis zu der Hauptleistung erscheint: sie wird in gewissem Grade negativ abstrahiert im Hinblick auf die positive Zuwendung zu der Hauptleistung.

Das Abstraktionsproblem war mit dieser Einsicht, die ich in weiterem noch zu vertiefen versuche, so weit geklärt, daß es geboten schien, die Abstraktionstätigkeit auch im Plane einer experimentalpädagogischen Fragestellung zu behandeln. Die diesbezüglichen Arbeiten von Koch und Habricht haben sich die Gesichtspunkte und Methoden zunutze gemacht, die im wesentlichen in meiner erwähnten Arbeit entwickelt wurden, und haben Nachweise geliefert für die Brauchbarkeit meiner Methode bei der Untersuchung der Abstraktionstätigkeit als eines experimentell-pädagogischen Tests.

Ich möchte daher annehmen, daß es wohl allein das Gebot einer wissenschaftlichen Gründlichkeit war, wenn neuerdings Achenbach, von der Arbeit Kochs angeregt, seine »Experimentalstudie über

1) Vgl. dazu meine Bemerkungen im Archiv für die ges. Psychologie, Bd. XXXVII, S. 96, Anm.

Abstraktion und Begriffsbildung«[1]) an einer »Kritik der Grünbaumschen Arbeit« orientierte. In Anbetracht der experimentellen und theoretischen Erträge der Achenbachschen Studie vom Jahre 1916 entstünde für mich kein Anlaß, diese Arbeit überhaupt zu besprechen und speziell auf seine Kritik meiner Erstlingsarbeit vom Jahre 1907 einzugehen. In Sachen der weiteren Entwicklung der Abstraktionspsychologie aber scheint es mir nicht ohne Nutzen zu sein, die Achenbachschen Einwände als typische Ausdrücke einer traditionellen Aufmerksamkeitslehre ans Licht zu bringen, um bei diesem Anlaß die Linien der Psychologie der Abstraktion schärfer zu ziehen und die Abstraktionsphänomene endgültig in einem prinzipiellen Zusammenhang mit dem Wesen der Aufgabenrangordnung einzureihen.

Im Hinblick auf die Nebenaufgabe als Bestandteil einer Instruktion zur Gewinnung der Abstraktionsphänomene werden mir von Achenbach folgende Einwände gemacht: 1) Die Nebenaufgabe ist dem Abstraktionsprozeß an sich fremd, denn die einfache Beachtung der Nebenfiguren als solche enthält keinen Gesichtspunkt für eine differenzierte Auffassung und Absonderung eines Teilinhaltes von anderen, was das Wesen der Abstraktion doch sein dürfte. 2) Die Nebenaufgabe modifiziert die wirklichen Abstraktionstatsachen, denn aus dem ursprünglichen Absehen von den Nebenfiguren wird infolge der Instruktion ein nachträgliches Beachten. 3) Die Nebenaufgabe schiebt die unmittelbar rückschauende Selbstbeobachtung hinaus, denn bei der gewählten Dauer der konstanten Expositionszeit vollzieht der Abstraktionsprozeß sich öfters schon vor dem Ablauf der Versuchsdauer.

Der erste prinzipielle Einwand gegen die Handhabung der Nebenaufgabe basiert bei Achenbach auf der Übernahme der Külpeschen Feststellung, nach welcher die Abstraktionsphänomene unmittelbar Bewußtseinstatsachen sind, die durch das Eingehen auf den Gesichtspunkt für die Sonderung der Bewußtseinsinhalte eingeleitet werden. Achenbach meint, daß bei der Nebenaufgabe die Tendenz fehlen muß, an der Hand eines Gesichtspunktes einige Elemente von den übrigen auszuzeichnen, so daß der Erfolg der Nebenaufgabe nichts anderes als ein wahlloses Ansehen und Einprägen der Figuren ist (l. c. 427). Zur Demonstration dieser Gesichtspunktlosigkeit der Nebenaufgabe wird auch der Fall statuiert, daß die Nebenaufgabe allein unter der Fortlassung der Hauptaufgabe wirksam ist. »Was wird die Vp. tun? Sie wird eine Figur nach der anderen ansehen und einprägen, solange ihr Zeit gelassen wird« (l. c. 425).

1) Arch. f. ges. Psych. Bd. XXXV.

Die dabei eingeprägten Figuren kann man natürlich nicht positiv abstrahierte nennen, da dabei von anderen Figuren nicht abgesehen wurde, sondern sie einfach infolge des Zeitmangels nicht eingeprägt werden konnten. Überhaupt kann uns der ganze Fall nicht zur Einsicht in die Prozesse bei der Nebenaufgabe verhelfen, da die darin erwähnte Auffassung der Nebenfiguren gar nichts mit dem Bewußtseinszustand bei der Erfüllung einer Nebenaufgabe zu tun hat. Die Nebenaufgabe darf nicht abgesondert von der Hauptleistung in Betracht gezogen werden. Das dürfte man bloß tun, wenn beide miteinander eine mechanische Verbindung bildeten. Unter mechanischer Verbindung verstehe ich dabei einen Zusammenhang, bei welchem die Eigenart der Elemente durch die Verbindung selbst nicht bestimmt wird, so daß die Auflösung der Verbindung an dieser Eigenart auch nichts ändern kann. Das ist aber gerade der Fall bei der Verbindung zwischen Haupt- und Nebenaufgabe. Läßt man die Hauptaufgabe ganz fort, wie im Beispiel von Achenbach statuiert wird, so wird die Operation, die früher Nebenaufgabe bildete, jetzt zu einer ausschließlichen Hauptaufgabe, wodurch die Eigenart der Operation und die Stellungnahme zu ihr radikal verändert wird. In dem von Achenbach statuierten Falle werden wir sicher mit einem wahllosen Ansehen und Einprägen zu tun haben. Die Operation aber, welche bei ihrem selbständigen Auftreten als zufälliges Behalten angesprochen werden kann, ist als Nebenaufgabe in dem sachlichen Zusammenhang mit der Hauptleistung der Gleichheitsauffassung keinesfalls bloß ein zufälliges wahlloses Behalten oder gar Einprägen zwecks einer späteren Reproduktion. Der Sinn der Rangordnung zwischen Haupt- und Nebenaufgabe besteht darin, daß die Nebenaufgabe nur angesichts und in Beziehung zur Hauptleistung vollzogen wird.

Diese Relativität bestimmt auch den Umstand, daß die Nebenaufgabe in zweifacher Hinsicht als sekundär betrachtet und behandelt wird. Die Momente dieser sekundären Stellung der Nebenleistung im strukturellen Zusammenhange mit der Hauptaufgabe, wodurch die Leistung des Beachtens völlig modifiziert wird, sind: das operative und das prädispositionelle Moment.

a) Das operative Moment. Die Hilfsmittel und Kniffe der geistigen Operationen, die psychische Aktivität oder die Abstufung der Funktionen sind orientiert alle vorerst nach der Hauptaufgabe. Der Nebenleistung dagegen fällt nur der psychische Rest zugute; sie wird vollzogen in erster Linie nur weil sie mit der Hauptleistung in einem materialen Zusammenhange steht, so daß der Vollzug

der Hauptaufgabe irgendwie auch den Vollzug der Nebenaufgabe befördert. Dieser Realzusammenhang dokumentiert sich aber keinesfalls in dem Sinne, daß, wenn man die gleichen Figuren herausfindet, zuerst die »nicht gleichen« erkennen und einprägen muß, oder wie es z. B. Achenbach bei der Abfassung seiner Kritik vorgestellt hat, sie zunächst sogar mit erhöhter Anspannung und Einprägungskraft aufzunehmen und festhalten muß (S. 429). Sondern es liegt eine gerade umgekehrte Verhaltungsweise vor, wie ich es mannigfach nachgewiesen habe (Negative Instruktion, Hypnoseversuche, Arten der positiven Gleichheitssetzung). Der reale Zusammenhang der Haupt- und Nebenaufgabe ist in unserem Falle der, daß die sicherste Auffassung der Gleichheit gerade mit der unvollkommensten gleichzeitigen Auffassung der Nebenaufgabe verbunden ist. Doch kommt die Einschränkung auf die Hauptaufgabe auch der Nebenleistung zugute, gleichgültig, ob diese Leistung in einer besonderen formulierten Nebenaufgabe gewollt ist oder nicht (vergleiche die Resultate der hypnotischen Versuche).

b) Das prädispositionelle Moment. Die Auffassung der Nebenfiguren geschieht immer unter der Bedingung, daß der Fokus des Bewußtseins mit der Vollziehung oder der schon vollzogenen Hauptaufgabe ausgefüllt ist, so daß das Bewußtsein für das Aufnehmen der Nebenfiguren weniger prädisponiert ist als für die Hauptfiguren. Eine Einprägung der »nicht gleichen Figuren« im eigentlichen Sinne des Wortes ebenso wie eine besondere Fixierung derselben zwecks willkürlicher Reproduktion kann daher in unserem Falle gar nicht stattfinden. Beschreibe ich daher die Zuwendung zu den nicht gleichen Figuren in der Nebenaufgabe mit dem Wort »beachten«, so sind sie laut der übernommenen Unterordnung der Nebenaufgabe im eigentlichen, streng psychologischen Sinne des Wortes nicht beachtet. Die Formulierung der Nebenaufgabe in den Ausdrücken der Vulgärpsychologie, welche für Achenbach einen willkommenen Anhaltspunkt für seine Kritik bildete, geschah, wie schon erwähnt, mit Absicht, den Vpn. keine voreingenommene psychologische Theorie über die Funktionsweise der Nebenaufgabe zu suggerieren. Sollte durch die Formulierung der Nebenaufgabe ein wirkliches Beachten suggeriert gewesen sein, so sind die objektiven Resultate der Nichtbeachtung desto überzeugender, und sie demonstrieren in schlagender Weise, daß bei wirklicher Übernahme der Nebenaufgabe die Verhaltungsweise der Vp. sich nicht nach ihrem vulgärpsychologischen Gutdünken richtet. Die Ausnahmen, die wie bei jeder Instruktion vorkommen können, be-

weisen nicht, daß die Instruktion ihr Ziel überhaupt nicht erreicht, sondern daß die Vp. in diesem einzelnen Falle aus irgendeinem Grunde die in der Instruktion enthaltene Verhaltungsweise nicht verwirklichen konnte.

Daß die Nebenaufgabe keinesfalls in wirklichem Sinne des Wortes eine Beachtung bedeutet, wird erhärtet auch durch Analysen der Stellungsnahmen zu der Nebenaufgabe, welche von Westfal in sehr charakteristischer Weise hervorgehoben sind. So entnehmen wir seinen Angaben, daß für die Nebenleistung, wenn sie auch auf Grund von Nebenaufgabe geschieht, die Vp. bloß eine Einstellung übrig hat, die sie selbst als Passivität schildert. Dagegen erscheint die Hauptaufgabe gegenüber der Nebenaufgabe immer unter dem Zeichen der Aktivität (Westfal a. a. O. S. 344). Findet weiter die Vp. bei der Reasilisierung der Aufgabe eine Schwierigkeit, so versucht sie bei der Hauptaufgabe die Schwierigkeit zu überwinden, indem sie eine größere psychische Kraft einsetzt. Bei der Nebenaufgabe dagegen werden die Schwierigkeiten einfach übergangen (S. 346). Endlich, die wichtigste Feststellung für uns ist, daß die Nebenleistung als Folge der Nebenaufgabe nicht nur auf niederen Bewußtseinsstufen als die Hauptleistung tatsächlich auftritt, sondern daß die Vp. sich für die Nebenleistung schon mit den tieferen Bewußtseinsstufen begnügt (S. 331). Die Nebenaufgabe wird also als gelöst betrachtet, wenn die Nebenleistung in ihrer intentionalen Bestimmtheit und in ihrer inhaltlichen Ausführung auf einer tieferen Stufe sich befindet als die Hauptleistung. Die Nebenaufgabe bedeutet somit in formaler wie in materieller Hinsicht eine abstraktive Sonderung von der Hauptleistung. Ich kann daher wirklich sagen, daß der Nebenaufgabe eine spezifische abstraktive Wirkung zukommt.

Man kann, wie Achenbach es tut, die abstrahierende Wirkung der Nebenaufgabe auch aus dem Grunde noch bestreiten, daß ihr in unserem Falle scheinbar kein Gesichtspunkt eigen ist, an der Hand dessen die Nebenfiguren von den anderen ausgesondert werden sollten (Achenbach, a. a. O. S. 427). Ich stelle mich auch auf den Standpunkt, daß im Abstraktionsphänomen immer ein Gesichtspunkt bewußtseinswirklich sein muß, nach welchem die Differenzierung der Teilinhalte stattfinden soll. In meiner Instruktion fehlt aber der Nebenaufgabe nicht ein Aussonderungsgesichtspunkt überhaupt, sondern sie entbehrt bloß eines bestimmten materiellen Gesichtspunktes. Ein solcher materieller Gesichtspunkt liegt z. B. vor bei der positiven Abstraktion der Figuren, insofern sie miteinander identisch

sind, oder in der positiven Aussonderung einer Figur, insofern sie eine vorher bestimmte Form oder Farbe aufweist, wie es in der Instruktion von Achenbach betont wurde. Die materiellen Gesichtspunkte für die Abstraktion sind aber keinesfalls notwendige Momente zur Einleitung eines Abstraktionsprozesses. Unumgänglich ist allein eine spezifische abstraktive Differenzierung, welche ihrem Sinne nach in erster Linie formaler Natur ist. Sogar die an einer bestimmten gegenständlichen Beschaffenheit des Auffassungskomplexes orientierten materiellen Gesichtspunkte wie z. B. Abstraktion der Farbe, der Anzahl der Elemente usw. müssen auch formal funktionelle Momente besitzen. Denn als Richtung der Auffassung, die von vornherein angegeben sein muß, um auf das Material angewandt zu werden, kann jeder Gesichtspunkt bewußtseinswirklich sein, auch ohne jede konkrete Vergegenwärtigung. Ist eine abstraktive Einstellung der Vp. verwirklicht, so ist der Gesichtspunkt, auch ein materieller, nur als ein potentielles Wissen wirksam. Dieses potentielle Wissen wird aktuell, wenn die Aufgabe aus irgendeinem Grunde nicht gelöst werden kann, oder wenn der Gesichtspunkt gegenständlich unmöglich angewandt werden kann. Diese Aktualisierung des Wissens um den Gesichtspunkt ohne entsprechende oder mit gar keiner materiellen Grundlage demonstriert am besten die Wichtigkeit der formellen Momente in der Anregung der Abstraktion.

Diese funktionelle Natur des Abstraktionsphänomens tritt gerade bei der Nebenaufgabe in reiner Form hervor. Denn die Nebenaufgabe als solche ist nichts anderes als ein formaler Gesichtspunkt gegenüber der Hauptaufgabe, nämlich die Forderung, bloß eine bestimmte formale Struktur der Gesamtgegebenheit und der Gesamtoperation herbeizuschaffen. Man ersieht das schon daraus, daß für die Auffassung der Nebenfiguren als einer Nebenaufgabe sicher eine andere Konstellation vorliegt als für die Auffassung der noch außerdem daneben mitgegebenen Momente, die in der Nebenaufgabe nicht einbegriffen sind, wie z. B. der räumlichen Lokalisation der Einzelfiguren: Zu demjenigen, was in die Nebenaufgabe gehört, sucht und findet die Vp. eine bestimmte Stellungsnahme: von alledem wird zielbewußt bis zu einem bestimmten Grade abgesehen. Dasjenige, was zu keiner Aufgabe in Beziehung steht, wird aber von der Vp. rein zufällig angesehen oder sogar übersehen, je nach den materiellen Bedingungen der momentanen Aufdringlichkeit u. dgl. mehr. Damit ist eine Charakteristik der Nebenaufgabe als einer abstraktiven Einstellung berührt, die ebenso von einer prinzipiellen Wichtigkeit ist, wie die Unterordnung, auf Grund welcher die ent-

sprechende Leistung auf eine tiefere Bewußtseinsstufe gesetzt wird. Es ziemt sich daher, diese Charakteristik noch besonders zu vertiefen.

Ist die Bewußtseinswirklichkeit einer Intention oder eines Gesichtspunktes für die positive Abstraktion als notwendiges Moment zur Unterscheidung vom zufälligen Beachten anerkannt, so wird dagegen die negative Abstraktion von vielen Psychologen stillschweigend als eine bloße mechanische Folge der positiven aufgefaßt. Hier spielt noch die Anschauung herein, welche in dem primitiven Begriff des Bewußtseinsumfanges seinen Ausdruck findet. Man stellt sich meistens vor: wenn man einige Inhalte beachtet, so können andere damit mitgegebene Inhalte eo ipso nicht beachtet werden, weil der Bewußtseinsumfang beschränkt ist und die psychische Energie, um einem Inhalt zugewandt zu werden, von anderen dafür abgezogen werden muß. So wird auch die Nichtbeachtung einfach als Folge der Beachtung, als ihre Kehrseite gedacht, wie auch das Schulbeispiel des zerstreuten Professors lautet. Diese Anschauung auf das Abstraktionsphänomen übertragen, setzt die Abstraktion gleich apperzeptiver Tätigkeit. Wenn die positive Abstraktion dabei schon nicht mehr als eine einfache Beachtung gedacht wird, so wird die negative Abstraktion immer noch gleich Nichtbeachtung gesetzt und in Analogie zum gedachten Verhältnis zwischen Beachtung und Nichtbeachtung als einfache Folge der positiven Abstraktion ausgelegt. Auch ich habe im Jahre 1907 die negative Abstraktion noch als eine »natürliche Nebenerscheinung der positiven Abstraktion« formuliert (A. G., l. c. S. 458). Doch es muß schon aus einfacher Konsequenz angenommen werden, daß gleich wie die positive Abstraktion nicht einfaches Beachten ist, ebenso die negative kein eigentliches Nichtbeachten ist. Der Unterschied zwischen negativer Abstraktion und Nichtbeachten ist prinzipiell derselbe wie zwischen der positiven Abstraktion und dem Beachten. Dieser Unterschied wird schon sprachlich sehr prägnant fixiert in den verschiedenen Bedeutungen von Absehen und Übersehen. Die negative Abstraktion ist dasjenige, wovon man auf Grund eines selbständigen intentionalen Zusammenhanges absieht. Mit anderen Worten, ebenso wie für die positive Abstraktion eine eigene intentionale Bestimmung, ein Gesichtspunkt nötig ist, nach dem hervorgehoben wird, ist ein solcher auch nötig für die negative Abstraktion. Das Absehen ist in der positiven abstrahierenden Hervorhebung noch nicht enthalten, insofern die natürliche Folge der positiven Abstraktion bloß ein gewisses neutrales Nichtbeachten des Mitgegebenen, eine gewisse indifferente Einengung des rein apperzeptiven Feldes ist. Die infolge

dieser Einengung übersehenen, schließlich nicht beachteten Inhalte sind damit noch nicht die negativ abstrahierten. Auch umgekehrt, um abzusehen, zu abstrahieren, braucht man nicht übersehen zu haben, im Gegenteil, das gründlich Übersehene kann eigentlich nicht mehr noch negativ abstrahiert werden, weil es für die bewußte Orientierung und Operation keinen inhaltlichen Anhaltspunkt mehr bilden kann. Im allgemeinen braucht die negative Abstraktion zu ihrer Verwirklichung einen bestimmten, wenn auch nicht großen Bewußtseinsgrad des inhaltlichen Materials. Dieser Bewußtseinsgrad, als eine Erscheinung der sinnlichen Aufmerksamkeit, kann sich im Bewußtsein der Vp. noch dann behaupten, wenn die negative Abstraktion schon vollzogen ist. Die Inhalte, von denen abgesehen wird, brauchen daher nicht noch übersehen zu werden, und sie können noch immer bewußtseinswirklich bleiben. Sogar bei der direkten Hauptaufgabe — eine effektiv negative Abstraktion zu vollziehen — werden die Inhalte, an denen dieser Akt vollzogen wird, später immer noch mehr oder minder reproduziert oder wiedererkannt, wie das die Resultate der Versuche mit der negativen Instruktion lehren, die ich in meiner Schrift S. 459 beschrieben habe.

Wir kommen somit zum Schlusse, daß, ebenso wie die positive Abstraktion noch nicht mit der Aufmerksamkeitszuwendung gegeben ist und relativ unabhängig von den Mechanismen und Effekten derselben sich abspielen kann, ebenso ist auch die negative Abstraktion etwas anderes als der einfache Mangel der Bewußtseinshöhe und ist relativ unabhängig von diesem. Ebenso wie für die positive Abstraktion eine intentionale Operation — eine intellektuelle Stellungnahme des auffassenden Subjekts — in einer bestimmten Richtung nötig ist, ebenso wird auch die negative Abstraktion eigentlich nur bei der Verwirklichung der entgegengesetzten Intention eingeleitet. Denn die positive Intention an und für sich genommen, involviert noch nicht die Verwirklichung der entgegengesetzten Intention, da sie im psychologischen Sinne eine ebenso positive psychische Operation und Leistung darstellt wie die erstere.

Das letztere ist nicht nur von mir in der genannten Schrift, sondern auch von anderen Autoren, welche danach ihre Aufmerksamkeit der negativen Abstraktion geschenkt haben, mehrmals hervorgehoben worden. Die intentionale Selbständigkeit der negativen Abstraktion ist auch der Grund, warum unter bestimmten Umständen, wenn die experimentellen Bedingungen der Abstraktion bloß die heraushebende Beachtung provozieren (wie es im Plan von Mittenzwey lag), das Absehen von etwas nicht in die Erscheinung

treten kann. So ist z. B. Mittenzwey auf die Tatsache gestoßen, daß unter der Bedingung seiner Versuche das Absehen keine besondere Rolle spielt (a. a. O. S. 430 und 479ff.). Aus meinen Versuchen über die negative Abstraktion als eine selbständige Handlung kann man dagegen ersehen, daß das Absehen von etwas vollzogen werden kann, ohne daß die positive Hervorhebung der sachlich und zeitlich negativen Abstraktion voranzugehen braucht. Auch daraus kann man erschließen, daß, wenn die negative Abstraktion sensu strictiori eingeleitet werden soll, dazu eine bestimmte selbständige Determination vorliegt, welche nicht an die Operation der positiven Abstraktion notwendig gebunden ist.

Experimentell am reinsten und am wirksamsten wird auch die negative Abstraktion eingeleitet durch diese isolierte, als selbständige positive Hauptaufgabe gedachte Leistung »von etwas abzusehen«. Dazu sehe man die erwähnten Versuche (S. 458—464). Bei einer solchen Instruktion ist aber die Verhaltungsweise der Vp. keinesfalls natürlich: wie aus den dort mitgeteilten Protokollen gefolgert werden kann, ist die Tendenz stark ausgeprägt, eine positive Abstraktion der zueinander in Beziehung stehenden Inhalte zu vollziehen. Auch ist dabei die innere Abwehr von den sich sinnlich aufdrängenden oder zufällig hervorgehobenen Inhalten (wie es die negative Abstraktion fordert) eine Leistung, die im natürlichen eingeübten und biologisch zweckmäßigen Verhalten meistens an eine positive Operation mit anderen Inhalten gebunden ist. Findet keine spezifische Determination in dieser Richtung statt und ist die Abstraktion durch Aufmerksamkeitsrichtung nicht unterstützt, so wird die negative Abstraktion zu einer Leistung, die nur mit besonderen, motorisch willentlichen Anstrengungen vollzogen werden kann. Die einigermaßen natürliche und bequeme Einstellung der Vp. wird dagegen geschaffen, indem die Vp. die negative Abstraktion der »nicht gleichen« Figuren als eine Aufgabe behandeln, neben der noch die Feststellung der gleichen Figuren als Nebenaufgabe eingeführt ist. Dementsprechend wird die negative Abstraktion als Hauptaufgabe behandelt.

Die negative Abstraktion kann auch in die Nebenaufgabe versetzt werden. In diesem Falle wird sie, wie die Einsicht in die Rangordnung der Aufgaben lehrt, nicht autonom behandelt, sondern im realen und intentionalen Anschluß an die hervorhebende Operation. Diese Rangordnung der negativen und positiven Abstraktion entspricht am besten unserem geistigen Habitus, da die Hauptaufgabe unserer aktiven Tätigkeit größtenteils am positiv hervorgehobenen Inhalte

vollzogen wird, insofern die gegenständliche Welt in erster Linie eine Verarbeitung des inhaltlich wirklich Gegebenen herausfordert und unsere Stellungnahmen meistens nicht durch die Abwesenheit bestimmter Sachverhalte provoziert werden, sondern durch ihr psychisches Dasein. Die Operationen mit negativer Intention dagegen werden nur angeschlossen an Tätigkeiten mit positiv inhaltlicher Richtung, da sie meistens provoziert werden, wenn dadurch die Folgen positiver Operationen befestigt und vertieft werden. Ich glaube daher für das Studium der Zusammenhänge zwischen positiver und negativer Abstraktion die günstigsten Bedingungen gefunden zu haben in der Befolgung der natürlichen Verhaltungsweise der Psyche, d. i. in der Versetzung der negativen Abstraktion in die Nebenaufgabe.

In der Nebenaufgabe kann dann die negative Abstraktion behandelt werden entweder durch die direkte Provozierung, d. h. durch folgende Instruktion für die Nebenaufgabe: Nachdem die gleichen Figuren gefunden und fixiert sind, suche die Vp. von den Nebenfiguren möglichst abzusehen. Oder man kann die negative Abstraktion sich auch entwickeln lassen durch strukturelle Schichtung, welche infolge der Unterordnung der Aufgaben (formelles Moment) an dem psychisch realen Zusammenhang der gleichen und ungleichen Elemente einer Auffassungseinheit (materielles Moment) vorgenommen wird. Diesen letzten Weg bin ich gegangen in meinen Hauptversuchen[1]). Die direkte Vermittlung ist somit gegeben bei der Instruktion, eine bestimmte Art der Abstraktion unmittelbar durch direkte entsprechende Verhaltungsweisen einzuleiten, die indirekte Vermittlung ist verwirklicht durch Provokation der Abstraktionsphänomene vermittels eines realen Zusammenhanges mit anderen direkt intendierten Operationen und durch Übernahme einer bestimmten formalen Struktur des Bewußtseinsablaufs.

Die auf diesem indirekten Wege zustande gebrachte negative Abstraktion unterscheidet sich prinzipiell nicht von der direkten. Denn finden sich bei der indirekten Provokation bestimmte Be-

1) Daß ich auch den ersten nicht systematisch betreten habe, ist sicher ein Schönheitsfehler meines damaligen wissenschaftlichen Vorgehens zwecks Studiums der Abstraktionsphänomene. Ich habe aber diesen Weg vorgesehen in dem Programm zur systematischen Untersuchung der Abstraktionsphänomene, welches meiner Arbeit beigefügt ist. Der Prozeß der Abstraktion wurde darin nicht nur nach der Richtung (positive und negative Abstraktion), sondern namentlich auch nach der Art der Vermittlung (direkte und indirekte Abstraktion) differenziert.

achtungseffekte (positive Nebenleistung), so sind dieselben auch bei der reinsten Form der negativen Abstraktion vorhanden, wie die quantitativen Resultate meiner Versuche mit der negativen Abstraktion in der Hauptaufgabe auch gelehrt haben (vgl. a. a. O. S. 459). (Das wäre auch zu erwarten auf Grund der Einsicht, daß das Absehen noch nicht ein Übersehen zu sein braucht!) Verschieden dürften die beiden Vermittlungsarten der negativen Abstraktion sein nur im Grade der spezifischen abstraktiven Aktivität und dem Quantum der Beobachtungserfolge.

Damit sind wir bei dem letzten wesentlichen Moment der negativen Abstraktion angelangt, welches gegenüber der traditionellen Auffassung der negativen Abstraktion noch hervorgehoben und fixiert zu werden verdient. Der prinzipielle Unterschied zwischen der sogenannten positiven und negativen Abstraktion (abstrahere aliquid und abstrahere ab aliquare) kann nämlich bloß in der phänomenologischen Schicht — in der Richtung — oder wenn man will, in der Polarität der erlebbaren Stellungen gegenüber dem Inhalt gefunden werden. Die positive und negative Abstraktion sind Gegensätze bloß in demjenigen Gebiet, in welchem die Bestimmung »Gegensatz« einen Sinn hat, nämlich in der Schicht der logischen Ordnung der bewußten Inhalte. Realpsychologisch dagegen sind beide bloß relative aufeinander bezogene Bestimmungen derart, daß dieselbe Gegebenheitsart, die gegenüber einem Inhalt negative Abstraktion bedeutet, gegenüber einem anderen Inhalt selbst positiv genannt werden darf. Sobald man den mechanischen Begriff der Aufmerksamkeit aufgibt (der nur mit zwei Bestimmungen, Apperzeption und Perzeption, arbeitet, die, auf die Abstraktion übertragen, in den Gegensatz des Beachtens und des Nichtbeachtens sich umwandeln), muß man einsehen, daß die negative Abstraktion keine absolute Charakteristik gegenüber der positiven besitzt.

Bedenkt man, daß der Stufenbau der bewußten aktiven Bestimmungen eine kontinuierliche Mannigfaltigkeit darstellt, so muß man auch von hier aus zu der Konsequenz kommen, daß innerhalb beider Abstraktionsverrichtungen verschiedene aufeinander bezogene Grade vorkommen können. Diese Grade sind natürlich nicht zu denken als Grade der sinnlichen oder apperzeptiven Deutlichkeit und Klarheit, sondern als Stufen einer spezifischen Akzentuierung des Inhaltes, als Höhen in einem intentionellen Relief. Jede höhere Stufe in der Reihe vom bloßen inhaltlichen aktiven Sein bis zur höchsten zielbestimmenden Aktivität hat gegenüber allen tieferen Stufen

einen positiven Abstraktionscharakter, jede tiefere gegenüber allen höheren bedeutet eine negative Bestimmung. Und so wird es ermöglicht, daß zu einer und derselben positiv abstrahierten Gegebenheit eine ganze Stufenreihe der negativ abstrahierten zugeordnet werden kann[1]).

Die relativ stärkste negative Abstraktion liegt dabei bei der direkten Intendierung in der Hauptaufgabe vor, eine gewisse Annäherung an den Akzentuierungsgrad des positiv Hervorgehobenen bildet die direkte Intendierung in der Nebenaufgabe, noch mehr nähert sich die negative Abstraktion dem Akzentuierungsgrad der positiven bei der indirekten Vermittlung in der Nebenaufgabe. Der Unterschied der auf diesem letzten Wege zustande gebrachten negativen Abstraktion von ihrer direkten Provokation besteht also bloß in der größeren Annäherung an den positiven Akzentuierungsgrad, was aber infolge der realpsychologischen Verwandtschaft der positiven und negativen Abstraktion überhaupt nicht allein für den Unterschied zweier verschiedener Grade der negativen Abstraktion, sondern auch für den Unterschied der negativen und positiven gilt. Der phänomenologische Charakter der negativen Abstraktion, die spezifische Richtung »weg« vom operativen Betonen, »sich leiten lassen« vom Reiz, und die positiv gehandhabte Versetzung des ganzen Inhaltes auf eine tiefere Bewußtseinsstufe offenbart sich aber ebenso bei dem tiefsten Grad der negativen Abstraktion wie bei dem höchsten, was auch in der erwähnten Feststellung von Westfal zum Ausdruck kommt.

Die Durchführung der operativen Struktur, bei der die Nebenaufgabe in einem Abstraktionsverhältnis zur Hauptaufgabe steht, wird immer erleichtert, wenn die Hauptaufgabe einen hohen Grad der Abstraktion beansprucht und eine hohe Bewußtseinsstufe einnimmt. Denn in diesem Falle wird die willkürliche Herstellung der Rangordnung der Operationen unterstützt durch die in derselben

---

1) So konnte auch Westfal von seiner Einsicht in den Stufenbau des aktiven Bewußtseins aus zur Auffassung kommen, die der hier entwickelten sehr nahe steht: »Was zu einem Zwecke negativ abstrahiert werden muß, braucht deshalb noch nicht aus dem Bewußtsein überhaupt zu verschwinden, sondern kann auf einer tieferen Stufe erhalten bleiben und auf dieser für einen anderen Zweck wirksam sein (herv. A. G.) ... (Bei Achtung auf die Gestalt z. B.) ... können aber Farbe, Größe usw. dennoch bewußt gegeben sein, und das kann genügen, um Angaben, die verlangt sind, über sie zu machen. Und zwar ist besonders zu betonen, daß dabei das richtige Erlebnis der Abstraktion stattfindet, der positiven sowohl wie der negativen (herv. A. G.) (Westfal, a. a. O., S. 404/5).

Richtung wirkende natürliche Aufmerksamkeitsverteilung. In unserem Falle der Gleichheitskonstatierung innerhalb eines Komplexes von heterogenen Elementen, die auf demselben Auffassungsniveau liegen, ist die Hauptaufgabe im Gegensatz zur Nebenleistung eine stark ausgeprägte Operation mit einem betonten Denkcharakter. Sie beansprucht eine starke Absorption nicht nur auf Grund ihrer objektiven Schwierigkeiten, sondern auch infolge des intellektuellen Interesses, das durch diese Denkleistung provoziert wird. Die Vpp. bezeugen oft genug das »Haftenbleiben an«, »Sichnichtlosreißenkönnen« von der Feststellung der gesuchten Beziehungen, und damit ist wiederum gegeben die Versetzung der Hauptleistung auf die höchste Bewußtseinsstufe, die ja mit den stärksten Aktivitätsakzenten behaftet ist. Die Aufmerksamkeit richtet sich in Übereinstimmung damit auf die positiv zu abstrahierenden Inhalte. Demzufolge würden aber die Nebenfiguren einfach übersehen, falls keine Nebenaufgabe vorhanden wäre, welche diese Figuren in einem operativen Zusammenhang mit der Hauptleistung bindet. Ein wirkliches Abstraktionsverhältnis zwischen positiver und negativer Akzentuierung tritt wirklich nur dann auf, wenn die Nebenfiguren in den Kreis der intentionalen Zusammenhänge hineinbezogen werden, welche (intentionale Zusammenhänge) allein durch die Einführung einer besonderen Nebenaufgabe zustande gebracht werden können. Nur unter diesen Bedingungen werden die Nebenfiguren nicht einfach mechanisch übersehen, sondern in die geistige Operation aufgenommen und erst dadurch negativ abstrahiert. Die Verbindung der positiven und negativen Abstraktion zu einem organischen Ganzen geschieht daher somit nur auf Grund von Aufgabenrangordnung. Eine Provozierung der intentionalen Operationen mit entgegengesetztem Zeichen und ihre Verschmelzung zu einem Operationsganzen, welches durch diese entgegengesetzte Richtung nicht beschädigt wird, ist überhaupt nur dann möglich, wenn eine Abstufung der entsprechenden Aufgaben in dem Ganzen einer Rangordnung durchgeführt ist, was auch Westfal in dem prägnanten Ausdruck formuliert, daß Verschmelzung und Rangordnung der Aufgaben Korrelativbegriffe sind (a. a. O. S. 357).

Das Ganze zusammenfassend, kommen wir zu der Feststellung, daß durch Versetzung in die Nebenaufgabe die negative Abstraktion auch noch bei der Instruktion der Beachtung der Nebenfiguren eingeleitet wird, daß die Versetzung in die Nebenaufgabe für die negative Abstraktion ein natürliches psychologisches Verhältnis zu der positiven herstellt, und daß schließlich die Verbindung der

negativen und positiven Abstraktion zu einem Aktganzen durch die Einführung der Rangordnung der Haupt- und Nebenaufgabe gerade erst verwirklicht werden kann. Damit sind die hauptsächlichsten Einwände gegen die Nebenaufgabe als Mittel einer Abstraktionseinstellung nicht nur zurückgewiesen, sondern auch auf ihren Ursprung in einer mechanischen Konstruktion der Abstraktionsphänomene zurückgeführt.

(Noch ein Einwand ist mir gemacht worden: Die rückschauende Selbstbeobachtung könne bei meiner Einordnung keinen günstigen Boden finden, da infolge der eingeschobenen Nebenaufgabe diese Selbstbeobachtung nicht sofort unmittelbar nach dem Vollzug der Abstraktion stattfinden kann. Zur Erledigung dieses Einwandes sei bloß auf die tatsächlichen Einsichten hingewiesen, die auf Grund der Selbstbeobachtung in meiner Anordnung von mir und anderen in einer kontinuierlichen Fortentwicklung gewonnen worden sind, und der Vergleich erbeten mit dem Ertrag viel ausgedehnterer Beschreibungen, die auf Grund einer angeblich besseren Achenbachschen Anordnung stattgefunden haben.)

(Eingegangen am 10. Mai 1917.)

Untersuchungen über die Funktionen des Denkens und des Gedächtnisses.

III.

Assoziation und Beziehungsbewußtsein.

Versuch einer psychophysiologischen Theorie der Reproduktion.

Von

Dr. A. A. Grünbaum

Privatdoz. der exp. Psychologie an der mediz. Fakultät der Univ. Amsterdam.

Inhalt.

I. Begriff der Assoziation und seine Grenzen.

1. Das Beziehungsbewußtsein kann innerhalb des Problems der Reproduktion von zwei Seiten betrachtet werden: einerseits als Effekt der Reproduktionsprozesse, andererseits als wirksames Moment inner-

halb dieser Prozesse. Im ersten Falle liegt die rein deskriptive Frage vor: Welche Bewußtseinscharaktere weist die reproduzierte Relation auf. Im zweiten Falle läuft das Problem auf eine Theorie der Reproduktion hinaus.

Die Reproduktionsprozesse, die letzten Endes alle auf Repräsentation abzielen, welche in gegenständlicher Form für das Bewußtsein herstellbar ist, dürften auch beim Beziehungsbewußtsein inhaltlich geformte Beziehungen als Abschluß der Reproduktion ins Bewußtsein bringen. Welche Stufen das Beziehungsbewußtsein dabei durchlaufen wird, gehört nicht mehr in die Frage nach dem Bewußtseinscharakter der schon reproduzierten Beziehungen, sondern eher in das zweite Problem: der realen Rolle des Beziehungsbewußtseins innerhalb des Prozesses. Im allgemeinen aber sind die produzierten Formen des Beziehungsbewußtseins in der tatsächlichen Psyche, in der sie aufdeckbar sind, real betrachtet doch immer nur innerhalb umfassender Reproduktionsprozesse gegeben. Daher hat die phänomenologische Frage nach der Charakteristik der reproduzierten Beziehungen ihre allgemeine Antwort schon früher bekommen, nämlich bei der Betrachtung der Formen des Beziehungsbewußtseins. Die näheren Bedingungen aber, unter welchen eine gewisse Form der Beziehung (bei der momentanen Reproduktion) in eine andere (bei der nachfolgenden Reproduktion) übergeht, muß im einzelnen den künftigen experimentellen Entscheidungen überlassen werden.

In diesem Zusammenhange muß eins ausdrücklich hervorgehoben werden. Die Beantwortung der deskriptiven Frage nach dem Schlußeffekt der Reproduktion präjudiziert noch nichts über die Wirksamkeit der Faktoren, welche diesen Schlußeffekt hervorbringen. In den Bedingungen der Versuchsanordnung von Michotte und Ransy z. B. entwickelte sich in manchen Reproduktionen das klare (?) Bewußtsein der Beziehung erst nach der Reproduktion des zweiten Fundamentes. Das besagt aber noch nicht, daß die bei der Einprägung festgestellte Beziehung in der Reproduktion unwirksam war. Genau so wie die Gesamtheit der vorhergehenden Erfahrung in der gegenwärtigen Lage in Form der Dispositionen, Konstellationen oder Bevorzugung bestimmter Operationen sich äußert, ohne ausdrücklich zur Konstatierung zu gelangen, genau so braucht die schon früher festgesetzte oder beachtete Beziehung zwischen den zwei Inhalten bei der jetzigen Reproduktion nicht in einer ausdrücklich konstatierten oder inhaltlich bestimmten Form wirksam zu sein. Die Lehre von den Bewußtseinsstufen wird auch auf dies Gebiet der Repro-

duktionserscheinungen angewandt werden müssen. Schon jetzt aber kann gesagt werden, daß wir keinen methodischen Grund hervorheben können, um die psychische Wirksamkeit einer schon erlebten Beziehung nur auf das ausdrücklich formulierte oder konstatierte Beziehungsbewußtsein zu beschränken. Prinzipiell kann man sogar die Vermutung wagen, daß die aktuellen Formen der psychisch realen Beziehungen nicht notwendig an bestimmte kategoriale Charakteristika gebunden zu sein brauchen. Es ist ja von vornherein nicht ausgeschlossen, daß verschiedene kategoriale Bestimmungen gleichen realen Wirksamkeitsformen entsprechen. Auch umgekehrt werden vielleicht verschiedene reale Zusammenhänge in Form derselben Kategorien in der bewußten Konstatierung abgespiegelt.

Und damit sind wir zum prinzipiell sehr wichtigen Problem der realen Wirksamkeitsformen des Beziehungsbewußtseins hinübergeleitet. Mit Rücksicht auf unsere vorhergehenden Feststellungen wird es angebracht sein, bei der Beantwortung dieser Frage die Wirkung der inhaltlichen und der funktionellen Formen des Beziehungsbewußtseins auseinander zu halten, ebenso wie verschiedene Bewußtseinsstufen derselben. Bis jetzt ist solche Trennung noch nicht vorgenommen. Michotte und Ransy z. B. stellen bloß summarisch fest, daß die Relation selbständig von dem Reizwort reproduziert werden kann, und einerseits wie eine inhaltliche Vorstellung durch Assoziation mit einer anderen zum Bewußtsein kommt, andererseits aber selbst eine assoziative Wirkung ausüben kann. Somit ist für das Beziehungsbewußtsein eine assoziative Theorie der Reproduktion mit allen ihren Konsequenzen geltend gemacht.

Inwieweit überhaupt der Begriff der Assoziation auf die Verbindungen durch das Beziehungsbewußtsein anwendbar ist, welchen greifbaren Sinn kann innerhalb der Reproduktionstheorie die Behauptung besitzen, daß das Beziehungsbewußtsein als assoziatives Zwischenglied dient? Diese prinzipiellen Fragen der Theorie müssen zuerst beantwortet werden, bevor man die schlichte Tatsache bewerten kann, daß bei der Reproduktion einzelner Teile einer sinnvollen Verbindung auch der sinnvolle Zusammenhang als solcher reproduktiv wirksam ist. Denn hier, wie überall in der Psychologie, wird der Erlebnisverlauf nur dann als wissenschaftliche Tatsache geformt, wenn es durch eindeutige feste Begriffe gegliedert und festgehalten ist.

2. Die Orientierung über den Begriff der Assoziation ist dabei desto angebrachter, als in der großen Streitfrage über die Ausdehnung der assoziativen Strukturen die Grenzen derselben begrifflich ganz

verwischt sind. Es wird daher zu fragen sein, was unter diesem viel gebrauchten und mißbrauchten Begriff zu verstehen ist, damit er seinen wissenschaftlichen Zweck erfüllt. Es wird dabei zu fragen sein, was man unter diesem Begriff nicht zu verstehen hat, falls man der Gefahr aus dem Wege gehen will, der alle Begriffe ausgesetzt sind, die eine ganz umfassende Theorie enthalten, da in ihnen eine bloße identische Benennung sehr oft die Verschiedenheiten verwischt, in denen das eigentliche Problem enthalten ist. Wir werden dabei zweckmäßigerweise von den Bedeutungen ausgehen, die innerhalb der historischen Entwicklung fixiert sind, und von ihren tatsächlichen Anwendungen in den experimentellen Untersuchungen. Wir werden von den frommen Wünschen absehen, in der Assoziation einen Universalbegriff zu sehen, weil solche Wünsche zu nichts verpflichten, und in den wissenschaftlichen Darstellungen bloß für deklamatorische Abschlüsse zugelassen werden dürfen. So können wir z. B. mit der Auffassung der Assoziation als einer »Verbindung zwischen elementaren Prozessen jeder Art«[1]) nicht viel anfangen. Denn es ist klar, daß danach nicht nur jede komplexe Gegebenheit als ein Ausdruck für eine Assoziation sich herausstellen wird, sondern daß überhaupt jede Äußerung demselben Schicksal verfallen wird: denn für die methodische Untersuchung bildet jeder Abschnitt des Psychischen immer einen Anlaß zu einer Elementaranalyse der daran beteiligten Prozesse. Ja, ein solcher Begriff der Assoziation kann sogar bei den Erscheinungen der äußeren Natur seine methodische Anwendung verlangen, denn auch dieselben können mit größter Sicherheit angesprochen werden als Verbindungen zwischen elementaren Prozessen jeder Art. Kurz, ein solcher Begriff der Assoziation verliert vollkommen die Bedeutung als Mittel der wissenschaftlichen Differenzierung und Fixierung. Soll daher die Assoziation als ein allgemeines Prinzip der Erklärung tatsächlich für die Erkenntnis etwas leisten, so müssen schon in dem Prinzip selbst die Richtungslinien angedeutet werden, die zu den spezielleren und damit zu den eigentlichen Erklärungen und Zusammenfassungen führen. Das ist auch der Fall in allen tatsächlichen Anwendungen dieses Prinzips. Die Technik der Assoziations- und Gedächtnisversuche widerspiegelt einen ganz begrenzten Assoziationsbegriff: Die Elemente werden aus selbständigen Inhalten gebildet, die Verbindung durch Kontinuität hergestellt.

---

1) C. Jesinghaus, Zur psychologischen Theorie des Gedächtnisses. Wundts Psychol. Studien. Bd. VII. S. 355 ff.

3. Verfolgt man die Entwicklung der klassischen Assoziationspsychologie in ihrer inneren Struktur, so wird man nicht übersehen können, daß nicht die vielseitig schillernden Tatsachen zur Aufstellung dieser bestimmten Prinzipien geführt haben, sondern daß die leitende Idee der Assoziationspsychologie von einigen alles vereinfachenden erkenntnistheoretischen Gesichtspunkten bestimmt war. Bei dem Philosophen, dessen Betrachtungen zum Assoziationsproblem unmittelbar auf die Entwicklung eingewirkt haben — bei Hobbes —, ist diese erkenntnistheoretische Struktur des Assoziationsprinzips durch Schematismus seiner Aufstellungen am klarsten und eindeutigsten ausgeprägt. Das psychische Phänomen ist für ihn eine Folge von Bewegungen. »Per seriem imaginationum intelligo successionem unius cogitationis ad aliam; quam (ut distingatur a discursu verborum) appello discursum mentalem[1]).« Diese Bewegung, entsprechend der materialistischen Identitätslehre von Hobbes, ist im streng physikalischen Sinne zu verstehen. Daher ist das Prinzip der Verbindung, welches der äußeren Welt innewohnt, eo ipso auch das Prinzip der psychischen Einheit. Die Assoziation ist danach bloß eine besondere, nämlich psychische Form des Geschehens, dessen allgemeine Charakteristik durch die formale Struktur jeder Bewegung bestimmt ist. Raum und Zeit als formale Komponenten der physikalischen Bewegung treten daher auch als Orientierung für die psychische Assoziation auf. So wird z. B. das Besinnen auf einen ganz schematischen Fall beschränkt: Ab eo loco et tempore, ubi id se prodidisse animadverit, recurrit animo a loco ad locum, et a tempore ad tempus, ut reperiat ubi et quando rem perdidam habuerat. Inde, rursus, cogitatione per eadem loca et tempora revertitur, ut actionem aliquam vel occasionem aliam inveniat quae causa esse poterat ut rem quaeritam perdiderit. Atque haec est facultas illa animi quae vocatur reminiscentia[2]). Das methodische Prinzip aller Assoziationspsychologie schaut hier klar durch: alle psychischen Abläufe werden nach dem Vorbild und in der nächsten Berührung mit den objektiven physischen Prozessen verstanden. Das Psychische in seiner kategorialen Konstruktion unterzieht sich daher a priori denselben allgemeinen Prinzipien, die den Aufstellungen über die physischen Realitäten zugrunde liegen.

Analog verfährt auch Hartley. Im ersten Kapitel seiner Observations führt er aus, daß er das Vorhaben besitze, auf die Psycho-

1) Th. Hobbes, Leviathan sive etc. Opera philosophica. London. MDCCCXLI. Vol. III. p. 14.

2) l. c., S. 17.

logie die Methoden der Naturwissenschaft anzuwenden, d. h. Analyse und Synthese, die von Newton gehandhabt sind, durchzuführen und die Theorie der Vibration, die er von Newton übernimmt, auf die Bildungen der Sensationen anzuwenden. Den qualitativen und quantitativen Verschiedenheiten der Vibrationen entsprechen nach Hartley analoge Unterschiede der Sensationen. In all dem proklamiert sich die historisch sehr berechtigte Vorliebe für die physikalische Betrachtungsweise. In der praktischen Handhabe wird aber aus bloßer Betrachtungsweise ein erkenntnistheoretisches Postulat, nämlich prinzipielle Gleichartigkeit der Psychologie und der Naturwissenschaft. Damit soll noch nicht behauptet werden, daß damit eine materialistische Metaphysik eingeleitet wird. Hartley unterscheidet noch sehr scharf zwischen den Vibrationen als körperlichen und Sensationen und Ideen als immateriellen Erscheinungen. Beide Gruppen weisen nach ihm aber eine und dieselbe Erkenntnisstruktur auf. Und damit wird das Primat der physikalischen Kategorie eingeleitet: In den Sensationen und Ideen ist nichts enthalten, was nicht nach Analogie der Vibrationen verstanden werden könnte, warum man auch im System der Psychologie für die Vibrationen ihre psychischen Analoga einsetzen kann. Da aber tatsächlich von allen psychischen Wirklichkeiten nur die Sensationen einigermaßen in der physikalischen Ordnung darstellbar sind, so werden sie auch zu den letzten Repräsentanten der Psyche gemacht. Man ist somit von der Anerkennung der methodologischen Vorzüge der physikalischen Betrachtung bei dem sensualistischen Gesichtspunkt angelangt.

Die Idee des inneren Zusammenhanges der physikalischen und psychologischen Strukturen bestimmt auch die Versuche Lockes. Den Ausgangspunkt bildet für ihn die Erkenntnis der einfachen Idee. Da für sie die Passivität des Geistes gilt, so kann die Ordnung und Zusammensetzung dieser Ideen durch nichts anderes bestimmt werden als durch die objektive, d. h. zeitliche Ordnung. Bei der Aufstellung des Unterschiedes zwischen untrennbaren und trennbaren Assoziationen ist den ersteren eine objektive Einheit einer Substanz zugrunde gelegt. Damit ist auch nichts anderes beabsichtigt worden als die Qualität des Psychischen in Abhängigkeit von der objektiven Bestimmung der physikalischen Realität zu setzen. Mit dieser Aufstellung ist aber andererseits der eigentliche Sinn des Assoziationsbegriffes auch schon überschritten. Denn ist eine Assoziation unzertrennlich, weil ihr eine unzertrennliche Einheit zugrunde liegt, so ist sie eigentlich keine Verbindung mehr. Der klare Sinn des Assoziationsbegriffes wird auch in der Lehre von den komplexen

Ideen verwischt, was mit der allgemeinen Unentschiedenheit des sensualistischen Standpunktes Lockes zusammenhängt. Für die Bildung dieser komplexen Ideen ist eine Aktivität des Geistes in Anspruch genommen. Soll sie gegenüber der Passivität irgendeinen unterscheidbaren Sinn haben, so muß durch diese Aktivität eine eigene Ordnung entstehen. Die Ansätze einer solchen selbständigen nicht sensualistischen Ordnungslehre der komplexen Ideen enthält auch Lockes Relationstheorie. Trotzdem entscheidet sich Locke der sensualistischen Tendenz seines Denkens entsprechend für die assoziative Auffassung der komplexen Ideen.

Dieses Primat des sensualistischen Typus bei Anwesenheit auch anderer Motive macht sich auch bei Hume geltend in der Anwendung des Assoziationsprinzips auf psychische Erscheinungen, die über das Gebiet der Impressionen und Ideen anscheinend hinausgehen. Das Assoziationsprinzip wird zwar auch auf die Ordnung und Bewegung der Gefühle und Willenshandlungen angewandt, aber — und das ist bei der Feststellung des Begriffes der Assoziation besonders hervorzuheben — nur indem die Gefühle und Willenshandlungen nach Hume die typische Form der Impressionen besitzen. So werden die Passions und Emotions als zugehörend zu der Klasse der Impressions of Reflexion betrachtet, und ihre assoziative Verbindung wird dargestellt als eine sukzessive Vorstellungsreproduktion. Die Gleichartigkeit der psychischen Mechanik in beiden Fällen stammt nach Hume aus der Gleichartigkeit ihrer statischen Grundlagen: der psychischen Inhalte, die in die Mechanik eingehen. Diese Gleichartigkeit der Vorstellungen und Gefühle zeigt sich auch darin, daß die Wirkungen der Assoziationen (zwischen den Ideen und zwischen den Passionen) sich gegenseitig beeinflussen[1]). Der Wille wird auch als ein vorstellungsartiger Inhalt definiert. »Will ... the internal impression we feel and are conscious of, when we knowingly give rise to any new motion of our body or new perception of our mind[2]).«

Dieselbe Reduktion des nicht Vorstellungsmäßigen auf die Vor-

1) Betrachtung über die Leidenschaften. S. 17.

2) Treatise ... Vol. II. Part. III. Sect. I. G. E. Müller, a. a. O., Bd. III, S. 495, hat somit vollkommen recht, wenn er behauptet, daß die Assoziationsgesetze nicht nur für die Vorstellungen, sondern auch für andere psychische Inhalte aufgestellt worden sind. Er erwähnt aber nicht, daß das nur geschehen konnte, indem diese anderen Inhalte direkt oder indirekt auf den Typus, den die Vorstellungen darstellen, zurückgeführt werden. Und das ist das Entscheidende in der ganzen Frage.

stellungen nehmen auch andere Assoziationspsychologen vor. James Mill, der durch die Bezeichnung des psychischen Elementes als feeling den Anschein erwecken konnte, als ob es ihm um das Spezifische handelt, dem keine Analogie in den Inhalten der äußeren Welt geboten ist, versteht unter diesem Namen wiederum aber nur den Oberbegriff für Sensationen und Ideen, also etwas rein Inhaltliches[1]).

Bei dem systematischen Aufbau der Assoziationsbegriffe haben wir uns daher nur an die sensualistische Struktur der psychischen Elemente, welche durch die Assoziation verbunden werden, zu halten. Es ist dieselbe Struktur, die in der Parallelisierung des Psychischen und des Physischen schon einmal hervorgetreten ist. Ist der Erkenntnischarakter beider Reihen gleich, so müssen sie dieselbe gegenständliche Struktur aufweisen. Da nur die sinnlichen Inhalte innerhalb des Psychischen diese Struktur unmittelbar aufweisen, so werden sie zu einem Typus gestempelt, auf den alles zurückgeführt werden muß. Nur bei dieser Reduktion auf einen gegenständlichen Typus kann die Gleichheit der inhaltlich verschiedenen Ordnungen postuliert werden. So ist für John Stuart Mill die Ordnung der Ideen gleich der Ordnung der Sensationen und die letzte gleich der Ordnung der Objekte. Von hier aus ist nur ein kleiner Schritt zu der Konsequenz, daß die assoziativen Bestimmungen eigentlich nicht das Psychische, sondern nur die Objektwelt, inwiefern sie aufgefaßt wird, betreffen. Diese extreme Auffassung, die aber nichts als eine in der Natur der Assoziationstheorie liegende Folgerung darstellt, ist auch vertreten durch William James, der die Assoziation als eine Verbindung der Objekte gelten läßt[2]).

Wir können also annehmen, daß aus den allgemeinen erkenntnistheoretischen Postulaten der Assoziationspsychologie eine ganz bestimmte Struktur des psychischen Materials und der psychischen Verbindung folgt: Es sind inhaltlich abgegrenzte Gebilde, die in eine unmittelbare Beziehung zu der physikalischen Gegenstandswelt gesetzt werden können. Die Verbindung zwischen den psychischen Elementen entspricht auch der Ordnung der Objekte.

4. Sind die psychischen Elemente der assoziativen Verbindung

---

1) Man vgl. dazu die Bemerkungen des ausgezeichneten Historikers des Assoziationsproblems L. Ferri über die sachliche Verwandtschaft zwischen Condillac und James Mill, La Psychologie de l'association. Paris 1883. S. 86.

2) Vgl. Textbook of Psychology. Übersetzt von M. Dürr. S. 255. Principles of Psychologie. Bd. I. S. 554.

inhaltlicher Natur, so ist damit weiter auch der Charakter der komplexen Erscheinungen schon bestimmt. — Sie kann nämlich auch nur inhaltliche Natur aufweisen. Der Aufstieg von den Elementen zu den Komplexen ist als eine Art Synthese zu denken, bei der die realen Elemente zu einer inhaltlichen Einheit verbunden werden. Ob diese Synthese in der Form der »psychischen Chemie« oder der psychischen Arithmetik (einfache Summation) dargestellt wird, oder ob das Prinzip einer schöpferischen Synthese angenommen wird, — prinzipiell ist es gleichgültig. Denn in allen drei Fällen handelt es sich um Verbindung der realen Elemente, die als solche einen ebenso realen Primat besitzen wie die naturwissenschaftlichen Elementareinheiten. Die psychischen Komplexe sind nach der Assoziationstheorie nicht primär, sondern immer gebildet, und die Bedingungen der Komplexbildung sind aus dem Realitätscharakter der Elemente ableitbar. Ist nämlich Raum und Zeit die objektive Bedingung für die Unterscheidung der einzelnen Elemente voneinander, sind diese Kategorien das Prinzipium der formalen Individuation der Elemente, so kann die Bedingung für die assoziative Verbindung nur in der relativen Aufhebung der raum-zeitlichen Trennung einzelner Elemente liegen.

5. Das Gesetz der Assoziation durch Kontinuität ist somit seinem inneren Sinn nach nicht eine Verallgemeinerung der empirischen Einzelfälle, sondern zum mindesten auch durch eine Spezifizierung der erkenntnistheoretischen Struktur gewonnen. Nicht wesentlich anders steht es mit der Assoziation durch die Ähnlichkeit. Es kann im Sinne der sensualistischen Ableitung nur dann von einer Assoziation gesprochen werden, nachdem die objektiven Grundlagen für diese Assoziation tatsächlich verwirklicht worden sind. D. h., wie die Inhalte auch beschaffen sein mögen, sie müssen zuerst in irgendeiner Kontinuität gegeben werden, um in einer solchen Kontinuität reproduziert zu werden. Mit anderen Worten, die Assoziation nach der Ähnlichkeit setzt schon eine solche nach der Kontinuität voraus und streng genommen ist die Ähnlichkeit bloß ein »subjektives« Motiv der Reproduktion und nicht eine objektive Bedingung der Assoziation. Wird aber die Ähnlichkeit trotzdem als reale Bedingung der primären assoziativen Bildung angesehen, so geschieht das letzten Endes wiederum nur im Bilde der naturwissenschaftlichen Analogien und Voraussetzungen. So ist von Hume, der von allen Begründern der Theorie am wenigsten durch naturwissenschaftliche Prinzipien geleitet wurde, das Wesen der Assoziation doch noch in einer Art von Attraktion gesehen worden, welche das Analogon der Gravi-

tationskraft in ihrer universellen Bedeutung darstellt[1]). Die Assoziation nach der Ähnlichkeit ist somit auch nichts anderes als eine Art des Gravitierens der Inhalte zueinander. Dazu ist die Ähnlichkeit als eine gegenständliche Qualität der psychischen Inhalte und nicht als Bewußtsein dieser Beziehung zu denken. Denn diese Ähnlichkeit soll durch ihren objektiven Charakter und nicht durch Eingreifen irgendwelcher subjektiven Beziehungsakte den Reproduktionsprozeß bestimmen. (Somit könnte schließlich Hume in einer realistischen Wendung seines Standpunktes die nach außen proklamierte Ähnlichkeit nur als einen Ausdruck der besonders starken Attraktion zweier Ideen, wie sie sich in Assoziation verwirklicht, ansehen.)

6. An allen Versuchen, die Assoziation als eine Methode der psychologischen Erklärungen aufzubauen, ist bemerkenswert, daß die Assoziation, obgleich sie als eine letzte psychologische Kategorie auftreten soll, eigentlich immer noch einer weiteren Reduktion und Begründung bedarf. So will Hartley sie auf die vibrationcules und ihre Summation zurückführen, so ist bei Spencer die Assoziation als molekulare Wellenbewegung der Nervensubstanz verstanden. Und auch in der physiologisch einleuchtenden Theorie von Verworn wird die Assoziation auf die zellulare Anhäufung der erregbaren Substanz zurückgeführt[2]). Die psychologische Assoziation bildet somit letzten Endes immer nur einen Durchgangspunkt zu Systemen, die ausschließlich auf physikalischen Begriffen aufgebaut sind. Darin zeigt sich wieder die eigentliche naturwissenschaftliche Struktur des konsequenten Assoziationsprinzips, als eines keineswegs rein psychologischen Begriffs.

Die wissenschaftliche Berechtigung und der große Weltanschauungswert solcher naturwissenschaftlich-monistischen Reduktionen soll nicht bestritten werden. Es darf aber im Interesse der Psychologie der methodologische Gesichtspunkt nicht übergangen werden, der besagt: Innerhalb jedes Wissensgebietes haben die Prinzipien, welche den Anspruch auf die universale Beherrschung des Gebiets erheben, nicht nur die gemeinsame Struktur mit anderen Disziplinen hervorzuheben, sondern zum mindesten auch das ganz Besondere des betreffenden Gegenstandes zum Ausdruck zu bringen. Das geschieht aber bei der Handhabung des Assoziationsprinzips nicht.

1) Treatise. Bd. I. Sect. IV. Die konsequente Durchführung dieser Analogie hat F. M. Zanotti in dem Werk: »Della forza attrattiva delle Idee« unternommen. Vgl. Ferri, a. a. O., S. 57ff.

2) Verworn, Über die zellular-physiologischen Grundlagen des Gedächtnisses. Ztschr. f. allg. Physiol. Bd. VI. 1907.

Dasjenige, was die psychischen Verbindungen als solche charakterisiert, ihr Spezifikum, ist durch das Prinzip der Assoziation infolge seiner apriorischen physikalischen Struktur nicht gefaßt. Das zeigt sich darin, daß jede mehr ins Detail gehende Theorie der psychischen Verläufe in einer mehr oder weniger inkonsequenten Abweichung von den prinzipiellen Forderungen der Assoziationspsychologie eine Anzahl rein psychologischer allgemeiner Bestimmungen annehmen muß. Sogar in der eigentlichen Domäne der Assoziation — in der Gedächtnislehre — ist das der Fall. Man lese bloß die Betrachtungen John Stuart Mills über diesen Gegenstand. Die Tatsache des Gedächtnisses besteht nach ihm nicht bloß in dem Haben der erinnerten Vorstellungen als solcher, sondern dazu kommt noch das Bewußtsein, daß diese Vorstellungen »mir« gegeben sind. Will man die Kontinuität des Ichs auf die Wirksamkeit des Gedächtnisses zurückführen, so bewegt man sich dabei in einem Zirkel. Denn die volle psychische Tatsache des Gedächtnisses ist eben erst durch die Ichbeziehung hergestellt. Das Phänomen des Ichs und des Gedächtnisses sind für Mill bestenfalls zwei Seiten einer und derselben Tatsache. Wir könnten als Psychologen das eine aus dem anderen erschließen, doch ist dadurch weder das eine noch das andere erklärt. Alle Sensationen sind somit letzten Endes unter sich durch ein unerklärliches Band gebunden (by an inexplicable tie. »And this bond to me constitute my Ego«). Wir haben hier ein klassisches Beispiel, daß sogar für den Assoziationspsychologen — der immer geneigt ist, das durch die Assoziationsmechanik nicht Erklärliche als eine unwissenschaftliche Illusion zu betrachten — diese Mechanik nicht einmal zu einer schlichten Beschreibung der fundamentalen psychischen Tatsache ausreicht. Daß dabei etwas Unerklärliches postuliert werden muß, liegt bloß daran, daß Mill nur einen Typus der Erklärung, nämlich der elementar-mechanischen, kennt. In den systematischen und erkenntnistheoretischen Voraussetzungen dieser Mechanik kann selbstverständlich das Primat und die originäre Einheit der psychischen Kontinuität nicht vertreten sein, da ihr in der raumzeitlichen Anordnung kein Analogon entspricht.

Man lese weiter die Ausführungen von Alexander Bain zu der Assoziationspsychologie, der nach G. E. Müller »ja doch wohl als der Vertreter der reinen (!) Assoziationspsychologie gelten kann«[1]). Man findet bei ihm, unbeachtet dieser Empfehlung, noch weitere Belege für die assoziationspsychologische Inkonsequenz. Durch die Annahme der drei primären Funktionen des Geistes: der

1) G. E. Müller, Zur Analyse der Gedächtnistätigkeit usw. Bd. III. S. 489.

Unterscheidung, der Assimilation und des Behaltens (Diskrimination, Assimilation, Retentiveness) und durch den Hinweis auf ihre gegenseitige Beeinflussung schon in den ersten Perioden des geistigen Lebens[1]) ist das Prinzip der assoziativen Mechanik durch rein psychische Aktivitäten durchbrochen. Dabei bildet die Unterscheidung gerade eine Grundlage der Assoziation, indem doch nur das verbunden werden kann, was als ein selbständiger Inhalt von anderen unterschieden wird. An einer Stelle wird sogar ausdrücklich die Unterscheidung und die Assimilation als die produktiven Grundfunktionen dem Behalten vorangesetzt[2]). Der innere Grund aller solcher Versuche, das Assoziationsprinzip zu ergänzen, liegt darin, daß aus diesem Prinzip keine psychologischen Kategorien entwickelt werden können, und es muß daher durch rein psychologische Gesetzmäßigkeiten ergänzt werden, falls es in unserer Disziplin überhaupt angewandt werden soll.

In voller Bewußtheit und Ausgesprochenheit treten solche Ergänzungen des Prinzips bei G. E. Müller auf, dem auch das Verdienst der experimentellen Erhärtung der Assoziationspsychologie gebührt. Er will ausdrücklich zu den Gesetzen der Vorstellungsreproduktion die Enge des Bewußtseins, seine Unbeständigkeit im Hinblick auf eine einzelne Vorstellung und den Einfluß der inneren Aufmerksamkeit auf das Auftreten und Deutlichwerden der Vorstellungen zugerechnet wissen[3]). Prüft man diese Sachverhalte auf ihren Erkenntnisursprung hin, so sieht man ohne weiteres, daß sie alle die rein psychologische Erfahrung zusammenfassen und, was besonders wichtig ist, immer Bestimmungen darstellen, die gerade dasjenige an dem Reproduktionsverlauf betonen, was durch keine Assoziationsmechanismen erklärt werden kann. Mit anderen Worten, alle diese Gesetzmäßigkeiten bilden eine Umschreibung der Bedingungen der Reproduktion, durch die erst diese Reproduktion zu einem spezifisch-psychologischen Gegenstand gestempelt wird.

Die spezifische erlebbare Kontinuität des psychischen Verlaufs, die in jedem neuen Fall eine ganz bestimmte konkrete durch die

1) A. Bain, The Sens and the Intellect. S. 359.

2) Ibid. S. 281. Dieser Unterschied wird jedenfalls in den schwankenden Ausführungen Bains nachher zugunsten der assoziativen Tätigkeit wieder aufgehoben (S. 457). Diese Schwankungen in den Ausführungen Bains (von G. E. Müller als musterhaft hingestellt) hebt auch L. Ferri hervor, a. a. O., S. 140. Vgl. auch Dessoir, Abriß einer Geschichte der Psychologie. 1911. S. 212f.

3) A. a. O., S. 426, Anm.

Kategorie der raumzeitlichen Kontinuität nicht erschöpfte Bestimmung darbietet, bildet die Folge der Gesetzmäßigkeit, die mit dem Namen »Enge des Bewußtseins« bezeichnet wird. Um teleologisch zu sprechen: der Mangel der psychischen Organisation, welcher darin besteht, daß unser Bewußtsein gleichzeitig nur eine beschränkte Zahl der Inhalte auf dem Niveau des aktuellen Wissens umfassen kann, kompensiert sich dadurch, daß alle nachfolgenden aktuellen Inhaltskomplexe mit den früheren in eine mehr oder weniger konstatierbare individuelle Erlebniseinheit eintreten. Diese Kontinuität leistet ihrem Erkenntnis- oder Orientierungswert nach dasselbe, was das simultane Bewußtsein aller Inhalte für unsere Aktivität mit sich gebracht hätte. In der momentanen Begrenzung des Bewußtseins sind somit auf dem Niveau des aktuellen Wissens und in einer statischen Form alle die Momente enthalten, welche in der Dynamik des Bewußtseins als eine spezifische Kontinuität sich erweisen. Um in dieser Hinsicht nur eins anzuführen: die Komplexbildung, die Zusammenfassung und die schematische Gliederung einer Gestalt, enthalten alle innerhalb der simultanen Auffassung immer ein und dasselbe Moment des spezifischen Gebundenseins, welches in der reproduktiven Sukzession als eine reproduktiv wirksame Verbindung auftritt[1]).

Der Faktor der Unbeständigkeit, der darin besteht, daß das Bewußtsein auf einer einzelnen Vorstellung nicht beharren kann und immer zu neuen Inhalten übergehen muß, bedeutet wiederum eine Formulierung der spezifischen progressiven Charakteristik der psychischen Verläufe, welche auf keine assoziative Mechanik zurückgeführt werden kann. Daß überhaupt psychische Abwicklungen stattfinden und daß sie in der Form der Reproduktion sich abspielen, sind primäre psychische Tatsachen, die jedem assoziativen Prinzip zugrunde liegen und bestenfalls nur auf allgemeinere rein psychologische Gesetzmäßigkeiten zurückgeführt werden können.

7. Schließlich ist mit dem Hinweis auf die Wirkung der inneren Aufmerksamkeit alles das zugegeben, was mit der Annahme einer psychischen Funktion, welche als realer Faktor in die Reproduktionsmechanik eingreift, zugegeben werden kann. Fragt man sich, welche Eigenart der psychischen Verläufe auf das Konto der inneren Aufmerksamkeit fällt, grenzt man ihre Wirkungen von dem Einfluß anderer Faktoren, wie Konstellation, Summation der Assoziationsstärken, Perseverationstendenzen usw. ernstlich ab, so wird man nicht

1) Von diesem Gesichtspunkte aus dürfte das Studium der bis jetzt meistens nur quantitativ erforschten Enge des Bewußtseins noch manche Aufschlüsse über die Struktur des aktuellen Bewußtseins gewähren.

umhin können, den auch phänomenologisch vertretenen Momenten der inneren Aufmerksamkeit eine reale Bedeutung in den Fragen der Reproduktion zuzuschreiben. Zu diesen Momenten gehört in erster Linie eine bewußte Intentionalität auf einen noch nicht reproduzierten Inhalt oder eine bewußte Selektion innerhalb der schon reproduzierten Inhalte, aus denen — dem Bedürfnis der weiteren Verläufe entsprechend — ein differenziertes Relief der Bewußtseinsstufen hergestellt wird. Die Assoziationspsychologie versucht, die selbständige Wirksamkeit dieser Momente zu leugnen. Dann bleibt aber nichts übrig, als die Eigenart der inneren Aufmerksamkeit im psychischen Verhalten überhaupt zu streichen und diese als bloß phänomenologische Momente zu Modalitäten der Vorstellungsinhalte zu rechnen. Das geschieht auch z. B. in den sensualistischen Theorien der Aufmerksamkeit, welche dieselbe einfach auf eine qualitative Steigerung der Vorstellungsintensität reduzieren. Die Aufmerksamkeit ordnet sich dabei in die Assoziationsmechanik ein, doch bloß als eine unwesentliche Charakteristik der unter sich assoziierten Inhalte. Als ein selbständiges Glied solcher inhaltlichen Assoziationen wird die Aufmerksamkeit selten betrachtet. G. E. Müller scheint das aber anzunehmen, indem er von der »Assoziation der Vorstellung der Reizsilbe mit einer bestimmten Art des Verhaltens der Aufmerksamkeit und des Blickes« oder sogar von einer »Assoziation zwischen dem Erscheinen einer Silbe und einem Verhalten der inneren Aufmerksamkeit« spricht[1]).

Es wird meines Erachtens aber gewisse Schwierigkeiten bereiten, die innere Aufmerksamkeit in die assoziative Mechanik wirklich einzuordnen. Der Begriff der Assoziation hat, wie angeführt, einen greifbaren Sinn nur in der Anwendung auf raumzeitliche Ordnung gegenständlich abgegrenzter Inhalte. Die innere Aufmerksamkeit kann daher als ein Glied der Assoziationskette nur dann angesehen werden, wenn man ihr die formelle Struktur eines Inhaltes zuschreibt. Phänomenologisch wird das schwerlich gelingen können, besonders in den Fällen, wo die Aufmerksamkeit sich nicht auf Vorstellungen, sondern auf Methoden der Aufgabelösung richtet. Außerdem ist es höchst zweifelhaft, ob man für die innere Aufmerksamkeit ähnliche physiologische Korrelate wie für die Einzelvorstellung aufstellen kann. Bei den abgegrenzten Inhalten spricht man von einer lokal mehr oder minder begrenzten zellularen Erregung, die infolge der Fortpflanzung in der leitenden Nervensubstanz sich

1) A. a. O., S. 444.

in erster Linie und mit merklichem Erfolg auf diejenigen Zentren überträgt, welche mit dem Herd der ersten Erregung in einer hemmungsfreien und auch positiv am meisten ausgefahrenen Verbindung stehen. Die anatomischen Voraussetzungen dieses Bildes sind klar und eindeutig gegeben — es handelt sich um getrennte anatomische Einheiten, die einander ähnlich sind, und eine Gleichartigkeit der physiologischen Funktion besitzen. Diese bürgt für die Ähnlichkeit der entsprechenden psychischen Repräsentationen. Die meistens vorhandene reziproke Erregungsleitung zwischen beiden Zentren bildet dabei die Grundlage für eine reziproke Reproduktion. Läßt sich nun wirklich für die »Assoziation« der Aufmerksamkeit und des danach auftretenden Inhaltes ein solches anatomisch-physiologisches Bild durchführen? Ist Aufmerksamkeit kein selbständiger Vorstellungsinhalt, was schwerlich G. E. Müllers Meinung sein könnte, dann gibt es für sie auch keine Assoziation, weil ihr kein entsprechender Erregungsherd zugeordnet werden kann. Ist Aufmerksamkeitsverhalten eine Modalität des Vorstellungsinhaltes selbst, dann gibt es auch keine Assoziation, denn es geht nicht an, einer Modalität des Vorstellungsinhaltes einen selbständigen kortikalen Herd zuzuschreiben, neben dem Herd für den eigentlichen Inhalt.

Man darf wahrscheinlich die physiologischen Substrate der Aufmerksamkeit in einem momentanen Gesamtzustand der ganzen beteiligten kortikalen Masse suchen. Solchen Gesamtzustand stellt z. B. die totale Erhöhung des Niveaus der Oxydation dar. Wie bekannt, zeichnet sich der oxydative Stoffwechsel durch besondere Labilität aus, was den funktionellen Charakter der Aufmerksamkeit sehr gut widerspiegelt, die den leicht einsetzenden Schwankungen unterworfen ist. Bei dieser Auffassung, die von der physiologischen Seite unterstützt wird, kann man unter keinen Umständen von einer Assoziation der Aufmerksamkeit mit einem Vorstellungsinhalt sprechen, da ihr nicht ein bestimmter Einzelherd entspricht, welcher durch isolierte Leitung wieder erregt werden kann. Man wird doch schwer annehmen können, daß die funktionelle Qualität des Gesamtzustandes mit einem bestimmten Teileffekt desselben ebenso wie zwei isolierte Teileffekte innerhalb dieses Zustandes verbunden sind. Auch ist es physiologisch ganz unmöglich anzunehmen, daß die retrograde Reproduktionsrichtung, die für zwei assoziierte Vorstellungsinhalte gilt, auch hier stattfindet. Der durch den Totaltonus mitbedingte Teileffekt kann nicht wiederum als Bedingung seiner Mitursache auftreten — psychologisch gesprochen: Wenn durch bestimmtes Aufmerksamkeitsverhalten eine Vorstellung selektiert ist,

so wird man nicht nachweisen können, daß, wenn diese Vorstellung einmal im Bewußtsein auftritt, sich ein Aufmerksamkeitsverhalten in früherer qualitativer und quantitativer Bestimmung einstellen wird. Auch ist es vom teleologischen Standpunkte vollkommen unbegreiflich, wozu ein solches Aufmerksamkeitsverhalten nach der Vorstellung auftreten soll, wenn sein eigentliches Ziel schon im Bewußtsein repräsentiert ist.

Es muß somit aus der physiologischen Charakteristik der Aufmerksamkeit wie aus den psychologischen Verhältnissen gefolgert werden, daß die Aufmerksamkeit nicht in dem Sinne reproduzierbar ist wie ein abgegrenzter Inhalt. Sie stellt sich auf eine Weise ein, die mit der assoziativen Erregung nichts zu tun hat. Das wird auch für alle psychischen Zustände gelten, die nicht auf physiologische Korrelate sich aufbauen lassen, welche den relativ abgegrenzten sinnlichen Vorstellungsinhalten entsprechen.

Es ist dazu mehr als wahrscheinlich, daß dem empirischen Aufdecken der entsprechenden Gesetzmäßigkeiten der Assoziation zwischen der Aufmerksamkeit und der Vorstellung, wie sie von G. E. Müller und seiner Schule für sinnlose Silben nachgewiesen sind, prinzipielle Schwierigkeiten entgegentreten werden. Solange aber dieser Nachweis nicht geliefert ist, hat diese Annahme einen nur sehr problematischen Wert für die Theorie des Vorstellungsverlaufes. Sie führt nur zu einer physiologischen Interpretation, die sich schwer mit den modernen Anschauungen über die physiologischen Korrelate der Assoziation verbinden läßt. Unter diesen Umständen können wir uns nicht entschließen, diesem Begriff der Assoziation zwischen der Aufmerksamkeit und der Vorstellung, welcher die determinierende Tendenz ersetzen soll, beizustimmen. Denn er erweist sich vom methodologischen Standpunkte nicht vorteilhafter als die determinierende Tendenz und ihr zum mindesten sehr ähnlich, wenn man G. E. Müller beistimmen sollte, daß die determinierende Tendenz »eine unerwiesene, zur Erklärung der Erscheinung nicht taugliche, der psychologischen Analyse nicht förderliche und auch in ihren psychophysischen Konsequenzen den herrschenden Anschauungen widersprechende Annahme ist«[1]).

8. Es soll mit der vorstehenden Kritik des Assoziationsbegriffes, oder vielmehr seiner unadäquaten Anwendung der Wert nicht geleugnet werden, den die Idee einer durchgehenden Verbindung innerhalb der psychischen Mannigfaltigkeit zweifelsohne besitzt. Man muß sich dabei nur klar sein, daß diese Idee ein apriorisches for-

1) A. a. O., S. 478.

males Desiderium ist, dessen methodologischer Wert verschwindet, sobald man die Art der verbundenen Elemente oder das Wesen der Verbindung selbst nicht aus der unmittelbaren psychologischen Erfahrung, sondern aus bestimmten meta-erkenntnistheoretischen Erwägungen erschließt. Die Assoziationspsychologie, insofern deren Prinzip fruchtbar gemacht werden kann, beschäftigt sich nur mit einer Art der Elemente — den Inhalten, welche Vorstellungen sind oder strukturell denselben gleichgesetzt werden können, und mit einer Art der Verbindung, die sich in der reproduktiven Mechanik kundgibt, wie sie durch raumzeitliche Ordnung der einzelnen Inhalte bedingt ist. Sobald aber mit dem Begriff der Assoziation ein Prinzip gemeint ist, welches eine universale und exklusive Bedeutung für die psychologische Erklärung beansprucht, erwächst die Frage, ob man die ganze Mannigfaltigkeit der psychischen Statik und Dynamik unter die Kategorien der Assoziationen unterbringen kann. Nach der heutigen Kenntnis der höheren psychischen Funktionen braucht man nicht zu betonen, daß es eine apriorische Konstruktion ist, wenn man annimmt, daß dieselbe sich auf die ausschließliche Herrschaft der Inhalte und ihrer Gesetze zurückführen lassen, welche in der Analogie mit der äußeren Gegenstandsordnung formuliert sind. Wir haben auch gesehen, daß alle die Forscher, die die Assoziation als ein universales Prinzip anerkennen möchten, mit demselben nicht auskommen und auf eine Reihe rein psychologischer Prinzipien rekurrieren müssen. Auch hat sich erwiesen, daß der Versuch, die primitivste Funktion der Aufmerksamkeit unter das Assoziationsprinzip zu bringen, von den Voraussetzungen dieses Prinzips aus, unmöglich ist.

9. Es fragt sich daher, ob die rein psychologische Analyse der unmittelbar gegebenen Erlebnisse uns überhaupt zu den Tatbeständen führt, aus denen das Assoziationsprinzip abgeleitet werden könnte. Das wird insofern zu bezweifeln sein, als das Assoziationsprinzip voraussetzt, daß die Inhalte, die miteinander verbunden werden, in der psychischen Realität eine primäre Selbständigkeit besitzen, welche der Selbständigkeit des raumzeitlich Geordneten entspricht. Nun erweist sich aber der Weg, wie man diese Selbständigkeit nachzuweisen versucht, vielmehr als ein Stützpunkt für die Behauptung, daß diese Selbständigkeit keine primäre ist. Der psychologische Weg geht immer vom Wahrnehmungsganzen zu der abstraktiven Unterscheidung der einzelnen Qualitäten und Momente. Prinzipiell ist daran durch die Einführung einer experimentellen Isolierung der psychischen Inhalte nichts geändert. Das psychisch Gegebene, wenn man auch den Anteil der Auffassung und der psychophysischen Ein-

flüsse weganalysiert, ist immer eine originäre strukturelle Einheit[1]). Keine experimentell eingeleitete Synthese der psychischen Elemente kann eine Verbindung herstellen, die nicht in der primären unanalysierten, wahrnehmungsmäßig gegebenen natürlichen Einheit vorkommen könnte. Keine künstliche Synthese kann eine Eigenschaft herstellen, welche den Ausgangselementen, insofern sie psychische Elemente sind, völlig heterogen wäre. Denn diese Elemente sind aus einer primären Einheit gewonnen und bleiben trotz der Analyse in dieser Einheit, so daß die Synthese im besten Falle nur hervorheben kann, was schon die originäre Struktureinheit gekennzeichnet hat. Die herausanalysierten Elemente besitzen daher keine selbständige Realität und bilden nicht eine reale Voraussetzung für die Synthese, wie dies in der physikalischen Betrachtungsweise der Fall ist. Sie haben umgekehrt selbst zur Voraussetzung die selbständige, durch sie nicht bedingte Gegebenheit der primären Struktureinheit. Somit ist das Zustandekommen dieser Einheit kein psychologisches Problem, wie das die naturwissenschaftlich orientierte Assoziationspsychologie annehmen muß, sondern eine primäre Tatsache[2]). Das eigentliche Problem liegt vielmehr in der Möglichkeit der relativen Absonderung der Einzelinhalte. Diese Seite der psychologischen Problematik ist infolge der naturwissenschaftlichen Orientierung der modernen Psychologie am wenigsten in Angriff genommen worden, und nur neuerdings leiten Versuche über das Problem der analysierenden Auffassung, der Abstraktion und der Gestaltwahrnehmung das experimentelle Interesse auf dieses eigentlich psychologische Arbeitsfeld.

Für die Auffassung, daß in den psychischen Verbindungen keine realen Synthesen im naturwissenschaftlichen Sinne vorliegen, spricht auch der folgende, meist übersehene Unterschied beider Erkenntnisordnungen. Die Elemente der naturwissenschaftlichen Ordnung tragen stets denselben physikalischen Charakter wie der komplexe Gegenstand selbst. Der Übergang vom Element zu dem Komplex kann daher für die Erkenntnis in einer homologen Reihe dargestellt werden. Die prinzipielle Meßbarkeit des Physikalischen beruht letzten Endes auf dieser Voraussetzung. Die spezielle innere Natur der physikalischen Elemente gibt daher die bestimmenden Kategorien

1) Die näheren Bestimmungen über die Natur dieser Struktureinheit versuche ich in dem abschließenden Exkurs über die Organisation des Psychischen zu geben.

2) Vgl. dazu F. Kruegers Auffassung in seiner Diskussion mit Lipps und Stumpf.

für das allgemeine Bild des komplexen Gegenstandes ab, welches sich immer nach den jeweiligen Vorstellungen über die Elemente richtet. Das Wesen des psychologischen Gegenstandes ist aber prinzipiell unabhängig von der Art und Weise, wie man sich die psychischen Elemente konstruiert. In der gangbaren Form bestimmen sie auch in keiner Weise die allgemeine Struktur der psychischen Einheiten oder Prozesse. Da sie durch die Zergliederung der dynamisch durchgebildeten Erlebnisse gewonnen werden, bei welcher der Charakter des Gesamterlebnisses aufgegeben wird, bilden sie prinzipiell eine ganz andere Erkenntnisstufe als das Erlebnis selbst. Somit ist der Übergang von den Elementen zu den psychischen Komplexen immer ein prinzipieller Sprung und läßt sich nicht in einer quantitativ sich steigernden Reihe darstellen. Die prinzipielle Unmöglichkeit der direkten »immanenten« Meßbarkeit des Psychischen beruht letzten Endes auf dieser Heterogenese des psychischen Komplexes und des Elementes[1]).

II. Psychophysiologische Ergänzung der Assoziationslehre.

1. In vorausgehenden Untersuchungen ist einerseits die allgemeine Erkenntnis gewonnen und befestigt, daß das Beziehungsbewußtsein eigentlich als eine primäre Einheit dynamischer Art anzusehen ist. Anderseits aber haben wir anerkannt, daß der Assoziationsbegriff adäquat anwendbar ist nur auf die schon fertigen Verbindungen der statischen psychischen Inhalte, die auch in ihrer physiologischen Fundierung voneinander getrennt auftreten können.

Das Beziehungsbewußtsein und die Assoziation scheinen daher vorerst miteinander nichts zu tun zu haben und schwerlich zu demselben psychischen Ablauf gehören zu können. Daß aber in den

1) Wenn das psychische Element in dem hergebrachten Sinne der Assoziationspsychologie, mit dem eigentlich auch die anders orientierten Psychologien zu arbeiten versuchen, nicht die Funktion erfüllt, welche durch die Analogie mit den naturwissenschaftlichen Elementen nahegelegt sind, so müssen die Ziele der psychologischen Analyse von den naturwissenschaftlichen Intentionen scharf abgegrenzt werden. Oder auch der Begriff des psychischen Elementes als einer gegenständlichen Einheit, die aus der Erlebnisstruktur als einer nicht gegenständlichen Bestimmung gewonnen ist, muß einer totalen Revision unterworfen werden. Die Ansätze zu einer solchen Neuorientierung könnte man vielleicht ersehen in der Zeitlehre Bergsons. Doch an dieser Stelle können wir dies fundamentale Thema nicht verfolgen.

Vgl. auch meine Anmerkungen in dem Aufsatz: Problem der Messung in der Entwickelung der modernen Psychologie. Z. f. allg. Physiol. Bd. 28, bes. S. 27—30 und die Kruegersche Lehre von Komplexqualitäten in seiner Entwicklungspsychologie.

Reproduktionsprozessen das sinnvolle Beziehungsbewußtsein und die Mechanismen der Assoziation irgendwie zueinander gehören, lehrt schon das gebräuchliche Assoziationsexperiment mit dem sinnvollen Material. Uns liegt daher die Aufgabe ob, den realen Zusammenhang zwischen beiden aufzudecken. Um uns den Weg dazu zu ebnen, müssen wir zuerst die bequeme, aber zu nichts führende Annahme verwerfen, daß das Beziehungsbewußtsein und die Assoziation dieselbe Erscheinung darstellen, nur von verschiedenen Gesichtspunkten aus gesehen: der subjektiven Phänomenalität und der objektiven Realität. Denn es ist bloß eine Methode mit dem Schein einer philosophisch abschließenden Theorie dem einzelwissenschaftlichen Problem aus dem Wege zu gehen. Wir können auch nicht annehmen, daß in beiden Erscheinungen vollkommen heterogene Prozesse gegeben sind, denn wie sollte sich dann die wirklich beobachtete gemeinsame Wirksamkeit in den einheitlichen Reproduktionsprozessen und die Unterstützung des einen durch das andere erklären lassen? Wir müssen daher entweder die Assoziation als eine primäre, auf nichts mehr zurückführbare Grundlage der psychischen Mechanik, als eine schlechthin primäre Tatsache auffassen und das Bewußtsein der Beziehung aus den Bedingungen der Assoziation ableiten. Oder wir müssen von dem Beziehungsbewußtsein als einer nicht nur phänomenal gegebenen Tatsache ausgehen und die Assoziation als einen psychophysischen Ausdruck der spezifischen Prozesse darstellen, welche erst durch die Beziehungssetzung eingeleitet werden. Daß das erste Unternehmen — die Ableitung des Beziehungsbewußtseins aus der Assoziation — aussichtslos ist, werde ich im einzelnen in der nächsten Untersuchung nachweisen. Jetzt soll das Problem zuerst positiv von der Aktualität des Bewußtseins aus zu lösen versucht werden.

Man muß sich dabei klar sein, daß es keine rein psychologische Theorie geben kann, die die Zusammenhänge des Beziehungsbewußtseins und der Assoziation bloß auf die Kategorien des Bewußtseins zurückzuführen vermöchte. Denn das eine Glied des geforderten theoretischen Zusammenhanges — die Assoziation — ist eine außerpsychische oder jedenfalls eine außerbewußte Realität, insofern sie eine phänomenologisch nicht repräsentierte Verbindung zwischen den Vorstellungskorrelaten darstellt. Jede irgendwie über diese allgemeine Aufstellung hinausgehende reale Bestimmung der Assoziation kann nur innerhalb der physiologischen Mechanismen versucht werden. Wir haben dementsprechend auch gesehen, daß die Entstehung des Assoziations*begriffes* auf Voraussetzungen beruht, welche nicht

aus dem rein psychischen Geschehen, sondern aus der naturwissenschaftlichen Begriffsbildung stammen. Sucht man den Zusammenhang zwischen einem psychischen Phänomen (das Beziehungsbewußtsein) und der Assoziation herzustellen, so wird man daher genötigt sein, auch hinsichtlich dieses Phänomens physiologische Korrelate aufzusuchen. Denn nur im Gebiete physiologischer Korrelate kommen das bewußte Phänomen und die bloß methodologisch-psychische Realität der Assoziation zusammen. Es wird somit eine psychophysiologische Theorie dieses Zusammenhanges zu fordern sein.

Daß die Aufstellungen über die physiologischen Repräsentanten der psychischen Phänomene einen bloß hypothetischen Charakter tragen müssen, braucht nicht erst hervorgehoben zu werden. Aber einen ähnlichen hypothetischen Charakter tragen auch die Aufstellungen über die physiologischen Grundlagen der Assoziation, sobald man sich von der allgemeinen zu nichts verpflichtenden, aber auch nichts erklärenden Formulierung: »irgendwelcher Zustand irgendwelcher Gehirnteilchen« auf das Gebiet der konkreten Vorstellungen über den Charakter beider begibt. Mögen diese Aufstellungen vom physiologischen Standpunkte aus noch so gesichert sein, ihre hypothetische Funktion für die Psychologie ist dadurch nicht vermindert, da sie ja nicht ein unmittelbares Phänomen fundieren, sondern eine schematische realistische Konstruktion, die im Hinblick unserer Phänomene selbst wiederum eine Hypothesis darstellt. Die unbedingte Gültigkeit einer physiologischen Theorie, welche den Zusammenhang zwischen dem Beziehungsbewußtsein und der Assoziation bestimmen soll, wird somit zweifach eingeschränkt. Trotzdem ist eine solche zweifach begrenzte Theorie die einzige Form, in der wir uns den Zusammenhang zwischen dem Beziehungsbewußtsein und der Assoziation vorstellen können.

Unser Versuch muß die Antwort auf folgende Fragen andeuten. Ist vom psychologischen Gesichtspunkte aus die Assoziation ein primärer Faktor und kann man auch vom physiologischen Standpunkte hier von einem primären Faktor sprechen? Welche physiologischen Korrelate sind für die Assoziation und das Beziehungsbewußtsein anzunehmen und wie hängen die beiden miteinander zusammen?

2. Die experimentelle Technik, wie sie in der simultanen oder sukzessiven Darbietung und Wiederholung der Einzelreizreihen vorliegt, gibt uns an und für sich keinen Beweis dafür, daß darin ausschließliche Bedingungen für die Stiftung der Assoziation gegeben sind. Man darf aus dem Erfolg dieser Technik nur schließen, daß bei ihrer Anwendung Assoziationen zwar gestiftet werden können, nicht aber, daß

es keine anderen Bedingungen der Assoziationsbildung gibt. Besinnt man sich auf das Ganze der experimentellen Technik, so erweist sich vielmehr, daß die zeitliche Folge und die Wiederholungen nicht als genügende Bedingungen der Assoziationsbildungen gelten müssen. Denn die bekannte Technik zeitigt Reproduktionserfolge nur dann, wenn ein mehr oder weniger ausgeprägtes Wissen um die zu vollziehende Reproduktion vorhanden ist. Die Variation in dieser so selbstverständlichen Bedingung zieht ohne weiteres auch die Variation der assoziativen Effekte mit sich. Unter dem Einfluß der zeitlichen Perspektive für die Reproduktion z. B. ändert sich die Festigkeit und die quantitative Bestimmung der Assoziationen[1]). Andererseits wird Zusammenfassung der Einzelelemente qualitativ bestimmt durch das Wissen um die Art der Prüfungsmethode. Weiß die Vp., daß die Treffermethode angewandt wird, so werden zwei benachbarte Silben recht fest assoziiert, das Ganze der Reihe aber als solches vernachlässigt. Bei der Erlernungsmethode dagegen sind die Einzelassoziationen im Nachteil gegenüber dem Ganzen[2]). Ja, fehlt das Wissen um die nachfolgende Reproduktion, ist mit anderen Worten die Aufgabe nicht übernommen, so kann unter Umständen der Erfolg der in den unzähligen Wiederholungen angeblich gestifteten Assoziation völlig ausbleiben[3]).

Außerdem ist nie nachgewiesen worden, daß die Assoziation stattfinden kann unter völligem Ausschluß von psychischen Funktionen der Aufmerksamkeit, der Zusammenfassung, der Unterscheidung und der Gliederung. Im Gegenteil — die experimentelle Variation der subjektiven Bedingungen zeigt die Verschlechterung der Resultate bei der Ablenkung der Aufmerksamkeit und besonders der zusammenfassenden Tätigkeit auf andere Inhalte. Sind die einzelnen Inhalte in ihre Umgebung mehr oder weniger eingeschmolzen, werden sie voneinander schlecht unterschieden, so leidet darunter auch die Assoziation. (Das Ranschburgsche Phänomen[4]) deutet auf ähnliche Zusammenhänge im Gebiete der Reproduktion hin.) Endlich zeigt sich die Wirksamkeit der Gliederung in der bekannten unterstützenden Rolle der rhythmischen Einteilung, die sich stets fast

1) A. Aal, Ein neues Gedächtnisgesetz? Zeitschr. f. Psychol. Bd. 66, S. 1ff.

2) Vgl. Meumann, Ökonomie und Technik des Gedächtnisses. 1908. S. 233.

3) Vgl. ergänzend dazu Poppelreuter, Nachweis usw. Zeitschr. f. Psych. Bd. 61, S. 1ff.

4) Ranschburg, Über die Wechselwirkung gleichzeitiger Reize im Nervensystem und in der Seele. Zeitschr. f. Psych. Bd. 66, S. 160ff. und Bd. 67, S. 22ff.

mechanisch einstellt. Alle diese auf der Seite des Subjekts liegenden Bedingungen vermögen unter Umständen die ungünstigen Wirkungen, die von den schlechten objektiven Bedingungen der Assoziation ausgehen, bis zu einem gewissen Grade zu kompensieren. Es fragt sich daher, ob die objektiven Formen der Reizgebung, wie sie vermittels des raumzeitlichen Schemas der Berührungsassoziation in das Gebiet der psychischen Abläufe übernommen sind, überhaupt als selbständige Bedingungen der Vorstellungsassoziationen anzusehen sind. Das wird meistens stillschweigend angenommen, die Empirie und die methodologisch erlaubten Schlüsse aus derselben unterstützen meines Erachtens aber diese Annahme nicht.

Die Existenz einer Assoziation, d. h. einer realen Verbindung zwischen den Erregungsherden, die den Einzelvorstellungen entsprechen, dokumentiert sich empirisch nur in der Ordnung der Reproduktionen. Die Assoziation wird also als solche eigentlich aus dem objektiven Bild der Reproduktionen nur erschlossen. Es kann daher nie sicher nachgewiesen werden, daß die Vorstellungen, welche in der Reproduktion in der assoziationsähnlichen Ordnung auftreten, tatsächlich zuerst nur durch ein Nebeneinander primär verbunden waren[1]). Nimmt man z. B. die Existenz der selbständig wirksamen Perseverationstendenzen an, so kann unter Umständen der Fall verwirklicht werden, daß zwei Vorstellungen nacheinander frei steigen. Sie werden in dieser Ordnung nach außen als eine assoziative Verbindung aussehen, sind aber tatsächlich durch keine Assoziation gebunden. Hier wird durch Mechanismen, die auf jede einzelne Vorstellung selbständig gerichtet sind, ein Effekt geschaffen, der so aussieht, als wenn er auf Grund einer Assoziation zustande gekommen wäre. In der Wirklichkeit wird aber erst auf Grund dieses nicht assoziativen Effektes eine Bedingung für eine Assoziation geschaffen, insofern zwei Vorstellungen jetzt eben das erstemal tatsächlich nacheinander aufgetreten sind.

3. Auch auf Grund der herrschenden Anschauungen über physiologische Substrate und Mechanismen der Assoziation kann als wahrscheinlich angenommen werden, daß es eine Reproduktion der Vorstellungen in einer zeitlichen Nachbarschaft geben kann, wenn dieselben auch nicht miteinander assoziativ verbunden waren. Die Mechanismen, welche hier in Betracht kommen, sind folgendermaßen zu denken: Wir nehmen an, was von allen physiologischen Theorien

1) Vgl. ergänzend O. Selz, Über die Gesetze des geordneten Denkverlaufes. Stuttgart 1913. S. 50ff., wo scheinbare Assoziationen auf »Wissensaktualisierungen« zurückgeführt werden.

behauptet wird, daß die unmittelbare Folge zweier Vorstellungen in der Reproduktion darauf beruht, daß gerade die entsprechenden Erregungsherde in der ausgezeichneten Stellung des kleinsten Leitungswiderstandes verkehren, im Vergleich zu den physiologisch momentan nicht gangbaren Wegen unter anderen Vorstellungskorrelaten. Diese ausgezeichnete Stellung entsteht als positive Bevorzugung auf Grund der direkten Bahnung oder Ausschleifung des Weges. Wie man sich diese Bevorzugung denken mag, ist in diesem Zuammenhange unwesentlich. Wenn eine bestimmte Vorstellungsfolge wie in der Assoziationstheorie auf eine relative Bevorzugung der entsprechenden intrazellularen Verbindung zurückgeführt werden muß, so ist damit der Weg geöffnet auch für andere Mechanismen der momentanen Vorstellungsauswahl. Denn die Bevorzugung als eine relative braucht nicht immer auf einer direkten Ausschleifung zu beruhen, sondern kann auch erreicht werden, wenn die Verbindungen unter allen anderen Herden aus irgendeinem Grunde unterbunden werden. Denn sind alle Leitungen außer einer unterbunden, so wird diese nicht benachteiligte Verbindung schon dadurch bevorzugt. Sie wird daher auch dann begangen, wenn früher keine positive Bahnung auf Grund der Assoziationsfolge stattgefunden hat. Die bestimmte Vorstellungssukzession kann also stattfinden, ohne eine vorherige Assoziationsgrundlage.

Ein anderer physiologisch nachgewiesener Tatbestand macht uns weiter sogar vertraut mit der Idee einer spontanen Stiftung der Assoziationen, denen keine Zeitfolge der Vorstellungen oder Empfindungen zugrunde liegt. Es ist nämlich die längst gesicherte Anschauung, daß die einem Zentrum zugeleitete und von ihm ausgehende Erregungsenergie teilweise auf die Nebenbahnen irradiiert. Damit wird eine unterwertige partielle Anbahnung solcher Verbindungen verursacht, welche unter sich und mit der momentanen Aufnahme- und Ausgabestelle in keiner direkten und günstigen Verbindung stehen. Durch Summation der irradiierenden Erregung werden die Unterwerte der Energie zur Reizschwelle erhöht und auf die Weise gangbare Verbindungen zwischen solchen Regionen geschaffen, die den bis jetzt zusammenhängenden Vorstellungen in keiner Weise folgen.

Schließlich widersprechen die physiologischen Vorstellungen nicht der Annahme, daß auch durch Eingreifen der psychischen Funktionen Bedingungen geschaffen werden, bei denen die Verbindung zwischen zwei Vorstellungsgrundlagen das erstemal gangbar werden ohne Mitwirken der vorhergehenden Zeitfolge der Erregungen. Es ist nämlich allgemein anzunehmen, daß die Wirkungen aller subjektiven Mo-

mente, welche die Assoziation begünstigen, wie z. B. die Aufmerksamkeit, das Interesse, das Gefühl (vielleicht auch die Aufgabe) physiologisch als Indikation einer größeren Erregung und eines größeren Energieumsatzes im Nervensystem zu interpretieren sind[1]). Wird dabei ein Vorstellungszentrum erregt, so wird die Erregung unter dem Einfluß dieser Indikatoren von da aus auf Regionen sich übertragen können, die bis da nur unterschwellige Effekte zeitigen konnten. Somit wird eine Vorstellung in einer Verbindung mit der anderen auftreten, obgleich sie nicht auf eine objektive Bedingung der Reizfolge zurückgeführt werden kann.

Das physiologische Verhältnis der Korrelate für die Funktion und die Inhalte kann nach diesem Prinzip folgendermaßen näher gedacht werden. Als physiologische Grundlagen der Aufmerksamkeit z. B. wird die Steigerung des Blutdruckes angesehen, wie es schon Mosso in seinen bekannten Experimenten nachgewiesen hat[2]). Nachdem Lehmann den Zusammenhang zwischen der Konzentration der Aufmerksamkeit und der Steigerung der Volumkurve aufgedeckt[3]), hat auch H. Berger auf Grund zahlreicher graphischer Aufnahmen festgestellt, daß die willkürliche Konzentration der Aufmerksamkeit auf eine geistige Arbeit mit einer Zunahme des Gehirnvolumens und einer Steigerung der Pulsationshöhe desselben einhergeht[4]), welche die Zunahme des Volumens überdauert. Dasselbe Verhalten findet in einem noch gesteigerteren Maße bei der Konzentration der Aufmerksamkeit auf einen Sinnenreiz statt[5]). Die Steigerung des Blutdrucks wirkt, indem sie eine Erhöhung des oxydativen Stoffwechsels mit sich bringt, wodurch einerseits die spezifische Erregbarkeit der betreffenden Region erhöht wird, andererseits aber eine raschere Regeneration der zerfallsfähigen Leitungssubstanz stattfindet.

Ist eine bestimmte funktionelle Region infolge ähnlicher zentraler Faktoren auf ein höheres Erregungsniveau gebracht worden und findet in irgendeinem Zentrum dieser Region ein Zerfall der Substanz infolge einer Reizung statt, so kann die Erregung auf weitere ihrer Zentren übertragen werden, die früher in keiner günstigen Verbindung gestanden haben. Sie werden zu einer wirklichen

1) Meumann, a. a. O., S. 25.

2) Mosso, Über den Kreislauf im Gehirn. Leipzig 1881.

3) A. Lehmann, Körperliche Äußerungen psychischer Zustände. I. Teil. S. 69.

4) H. Berger, Über die körperlichen Äußerungen psychischer Zustände. 1904. S. 85.

5) Ibid., S. 100.

funktionellen Einheit nur durch das momentan geschaffene Erregungsniveau verbunden. Je nach der Expansion und Richtung der Aufmerksamkeit, welche an sich zu keinen inhaltlichen Repräsentationen führt, wird somit die Überleitung der Erregung überhaupt und das Gebiet bestimmt, in welchem eine Vorstellung auftreten soll. Die der Aufmerksamkeit korrelative Steigerung der Dissimilationsprozesse bringt aber auch eine intensivere Leitung der Erregung mit sich, da jeder Dissimilationsvorgang als ein gesteigerter Reiz für weitere Substanzzersetzung angesehen werden muß. Daher wird in einer durch die Aufmerksamkeit begünstigten Region ein an sich absolut geringer Reiz eine überschwellige Auslösung verursachen und dieselbe auf Bahnen bringen können, die durch vorhergehende Reizungen nicht begünstigt sind. Unter Umständen wird diese Auslösung sich sogar irradiierend auf Regionen übertragen, die außerhalb des begünstigten Erregungsniveaus liegen. Das ist z. B. der Fall bei plötzlichem Einfallen eines Vorstellungskomplexes, welcher mit der momentanen Situation »nichts zu tun hat«.

Alle diese Überlegungen gelten für die Theorien, welche annehmen, daß für die Verbindung der getrennten Regionen der Großhirnrinde eine durchgängige Grundlage anatomisch vorgebaut ist. Aber auch vom Standpunkte der anatomischen Theorien, die behaupten, daß die Verbindungen infolge der Funktion selbst geschaffen werden, kann man annehmen, daß erst durch das Eingreifen psychischer Funktionen, d. h. ihrer physiologischen Substrate, die wirksamen Verbindungen zwischen Vorstellungsgrundlagen geschaffen werden. So vertritt Ramon y Cajal die Lehre, daß durch die Erweiterung der anatomischen Teile des Neurons Verbindungen zwischen einzelnen Neuronen und somit das anatomische Assoziationssystem gebildet werden. »Vorausgesetzt, daß, wie die Histogenese uns lehrt, während der embryonalen Epoche und in den ersten Jahren des extrauterinen Lebens sowohl die Protoplasmafortsätze als auch die Kollateralen sich verzweigen, an Ausdehnung zunehmen und sich komplizieren, halten wir es für sehr wahrscheinlich, daß die fortgesetzte geistige Tätigkeit das Wachstum der Protoplasmafortsätze und der Nervenkollateralen in ihrer Entwicklung fördert und das Assoziationssystem zwischen den Zellen einer bestimmten Gehirnregion erweitert.

Der Mechanismus dieses Wachstums ist vielleicht derselbe wie bei der Hypertrophie des Muskels. Unter dem Einflusse gespannter und über eine Reihe von Ideen und Empfindungen sich andauernd erstreckender Aufmerksamkeit dürfte das entsprechende Gehirngebiet

der Sitz einer physiologischen Hyperämie werden und das Nervenprotoplasma vermöge einer gesteigerten Assimilation an Masse zunehmen. Von der Zeit ab, da die Nervenzellen die Fähigkeit sich zu vervielfältigen verloren haben, dürfte sich die Hypertrophie durch Ausdehnung der Zellfortsätze oder vielleicht durch Aussprossen neuer vollziehen. Die neugebildeten Fortsätze dürfen in der gleichen Richtung wie die dominierenden Nervenströme verlaufen oder in derjenigen Richtung, in der die noch unvollkommene Zellenassoziation der Gegenstand wiederholter Erregung von seiten des Willens ist[1]).«

Auch anders orientierte physiologische Theorien führen uns zu der Annahme, daß Verbindungen in selbständiger Richtung quasi geschaffen werden. Die sog. Theorie der nervösen Resonanz nimmt z. B. an, daß jeder Repräsentation ein spezifischer dynamischer Zustand der ganzen im Moment erregbaren Nervensubstanz entspricht. Infolge der resonatorischen Eigenschaft der nervösen Erregungssubstrate werden durch einen »état dynamique« andere zerebrale Zustände hervorgerufen, die den ersten nur vom dynamischen Standpunkte sehr ähnlich sind. Auf diese Weise werden Repräsentationen von Eindrücken verbunden, die voneinander nur in ihren dynamischen Effekten abhängig sind. Diese reale dynamische Zugehörigkeit braucht nicht einmal mit der Ähnlichkeit der Eindrücke parallel zu gehen. Sie erweist sich nur als der notwendige Zusammenhang zwischen den Vorstellungen in ihrer realen Ordnung als die Zusammengehörigkeit zu einer dynamischen Abwicklung. Durch die raumzeitliche Nachbarschaft wird eine solch reale Ähnlichkeit, die die Gesamtformen des momentanen Erregungszustandes betrifft, ebensowenig geschaffen, wie überdeckt werden können[2]).

4. Rückblickend kann gesagt werden, daß vom Standpunkte verschiedenster physiologischer Theorien eine Möglichkeit für die Entstehung der Verbindungen sich ergibt, die nicht auf psychologisch-assoziativen Voraussetzungen beruhen, d. h. nicht auf der zeitlichen Nachbarschaft der Einzelerregungen und durch diese bedingte Über-

1) Ramon y Cajal, Allgemeine Betrachtungen über die Morphologie der Nervenzellen. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1869. Anat. Abt. S. 187ff. Aus dieser Betrachtung eines Anatomen kann man ersehen, daß die Theorie der determinierenden Tendenzen ebenso psychophysiologisch fundiert werden kann wie die Theorie der assoziativen Verbindung.

2) Vgl. P. Sollier, Essai critique et theorique sur l'association psychologique. P. 1907. S. 108ff., bes. S. 127. Die Theorie von »état dynamique cérébral total« scheint auch für Claparède (L'association des idées, S. 198) für seine Auffassung der frei steigenden Vorstellungen bestimmend zu sein.

leitung zwischen den Einzelherden. Die Möglichkeit der Produktion neuer Verbindungen liegt in allen diesen Theorien in der Wirksamkeit eines Faktors, welcher die ganze Region als eine physiologische Einheit betrifft. Durch diesen Faktor wird eine charakteristische Gesamtform geschaffen, die die Richtung der Reproduktion und den Zusammenhang der Einzelinhalte in der momentanen Struktur bestimmt. Nur insofern in dieser Gesamtform die Einzelerregungen sich herausheben, ist eine Grundlage für die Reproduktion der Einzelinhalte gegeben.

Die physiologische Einheit zwischen dem Totalfaktor und dem Einzeleffekt ist keine Konstruktion. Sie muß gefolgert werden auf Grund der tatsächlichen Beziehungen zwischen den Prozessen, die die ganze Region betreffen und den Effekten in den relativ abgegrenzten Erregungsherden. So sind die Hemmungserscheinungen in den Einzelherden direkt abhängig von der zeitlich ausgedehnten Regeneration der zerfallsfähigen Nervensubstanz. Die Hemmungen in den Einzelzentren gleich den Regenerationsprozessen sind aber bekanntlich nicht verpflanzbar. Wird eine Region gehemmt oder ein Refraktärstadium aufgehoben, so kann das daher nur auf Prozessen beruhen, die die ganze Region betreffen: Anatomisch-physiologisch drückt sich dieses Verhältnis aus in dem funktionalen Zusammenhang der Einzelzentren mit der allgemeinen Oxydationsquelle. Je nach der momentanen Ergiebigkeit dieser Quelle wird eine mehr oder weniger ausgedehnte Region mit einem gemeinsamen Niveau der Erregbarkeit geschaffen. Damit wäre einer der Totalfaktoren gegeben.

Die physiologische Einheit zwischen solchen Totalfaktoren und den Einzelerregungen hat die Form der Abhängigkeit dieser Erregungen von dem gemeinsamen Faktor. Folgende Mechanismen erweisen die Existenz dieser Abhängigkeit. Es ist eine Tatsache, daß eine Fortleitung der Zerfallsprozesse, aus welchen die Erregungen bestehen, nur dann stattfindet, wenn sie mit einer gewissen Geschwindigkeit einsetzen[1]). Da die Aufbauprozesse sich niemals von Neuron zu Neuron fortpflanzen können, wird die Geschwindigkeit des gesamten Zerfalls nur von Faktoren abhängig sein können, die das ganze momentane System betreffen. Fällt diese Geschwindigkeit (infolge der Ausschaltung des Totalfaktors) unter ein bestimmtes Niveau, so findet keine Fortleitung der Erregung statt.

Nimmt man an, daß die Entziehung des Totalfaktors nicht die

1) Vgl. M. Verworn, Zur Physiologie der nervösen Hemmungserscheinungen. Arch. f. Anat. Suppl.-Bd. 1900. — Ders., Die Vorgänge in den Elementen des Nervensystems. Zeitschr. f. allg. Physiol. Bd. VI.

Geschwindigkeit des Zerfalls, sondern den maximalen Grad der spezifischen Erregbarkeit vermindert, so stellt sich eine andere Abhängigkeit der Teileffekte von dem Gesamtfaktor ein: wie bekannt hängt die Erregungsgröße u. a. von dem Grad der spezifischen Erregbarkeit der Station ab. Ist dieselbe momentan durch eine Ausschaltung des Gesamtfaktors sehr klein geworden, so muß die entstehende Erregung nur als ein schwacher Reiz für die Aufnahmestation wirksam sein, die vielleicht an sich über eine beträchtliche Erregungsgröße verfügt. Die schwache Reizung ruft aber eine gesamte Hemmung hervor, wie das die Versuche von Fröhlich z. B. nachgewiesen haben.

5. Das angeführte Verhältnis zwischen den Total- und Einzelfaktoren kann auch erklären, warum die Gleichzeitigkeit oder unmittelbare Folge der Einzelerregungen für die Stiftung der Assoziationen sehr günstige Bedingungen schaffe und warum diese Momente nur die Form der Verbindung, nicht aber ihre Entstehung bestimmen können. Finden nämlich zwei Erregungen zeitlich nebeneinander oder kurz nacheinander statt, so wird infolge der gleichzeitigen Irradiation von beiden Zentren aus der Weg zwischen ihnen eher angebahnt, da die Wirkungen der irradiierten Energie von beiden Seiten aus auf kürzere Strecken sich zu verteilen haben. Die Überleitung der für die Inhalte charakteristischen Erregungsquanta wird in diesem Falle auch dadurch begünstigt, daß bei der außerdem stattfindenden Übereinanderlagerung der irradiierenden Energien das Gesamtniveau der ganzen Region erhöht wird. Auch an einen physiologischen Kurzschluß im Sinne Wertheimers könnte man dabei denken: Finden zwei Reizungen schnell genug nacheinander statt, so sind die Umkreiswirkungen der Erregungszentralen beide zu gleicher Zeit noch auf den Höhepunkten ihrer Verlaufskurve. Die Erregung kann daher leichter hinüber- und herüberfluten und so die Verbindung zwischen beiden Zentren verursacht werden[1]).

Durch die zeitliche Nähe zweier Erregungen wird im psychophysischen Organismus auch eine Prädisposition zu ihrer Verbindung zu einem gesamten Erregungsrelief geschaffen. Eine solche Verbindung kann aber nur dann stattfinden, wenn die ganze in Betracht kommende Region leitungsfähig ist. Sind die Faktoren, die die Irritabilität im Ganzen des Systems bestimmen, nicht wirksam, so werden zwei zeitlich nahe Erregungen ganz verklingen oder ihre psychophysischen Spuren nachlassen, ohne daß irgendwelche Überleitung zwischen beiden Erregungsherden stattfinden wird. Wird

1) Vgl. Wertheimer, a. a. O., S. 248.

der Totalfaktor stark unterdrückt (wie es tatsächlich in den Fällen sein würde, von denen man behauptet, daß die Stiftung der Assoziation ganz ohne nachweisbare funktionspsychologische Momente vonstatten geht), so werden die Irradiationen der Erregungen sich auf einen sehr kleinen funktionalen oder räumlichen Bereich begrenzen. Eine Summation der irradiierenden Energien wird nicht stattfinden können, da die funktionellen Bereiche jeder einzelnen Irradiation in keiner Form übereinander greifen können. Auch der physiologische Kurzschluß wird erschwert, da die zwischen zwei Einzelerregungen liegende Region im Falle der Unterdrückung des Totalfaktors nicht erregungsleitend ist, sondern umgekehrt erhöhten Widerstand leistet. Bleiben daher alle Momente, welche die Bildung einer Gesamterregung für zwei getrennte Reizungen stiften, so wird auch die Assoziation trotz des zeitlichen Nebeneinanders beider Erregungen nicht wirksam sein. Die zeitliche Nähe zweier an sich getrennten Erregungen bedingt somit allein noch keine Verbindung zwischen ihnen.

Sie bestimmt aber, falls die Verbindung stattgefunden hat, sicher die Form dieser Vereinigung. Haben sich zwei getrennte spezifische Erregungen gebildet und findet zwischen ihnen eine Überleitung statt, so ist damit keine nivellierte Gesamterregung geschaffen, sondern eigentlich ein Relief, in welchem jede Erregung ihre spezifische Höhe besitzt. Das ist der Grund, warum sie jederzeit auch in andere Gesamtreliefs eingehen und dort wirksam sein können. Psychologisch gesprochen, durch Vereinigung psychophysisch selbständig repräsentierter Erregungen wird eine Assoziation geschaffen, die aber immer eine labile Bildung bleibt. Sie kann für den momentanen Bedarf leicht dissoziiert werden, indem ihre Glieder in andere Assoziationen eingehen. Bei der Reproduktion bildet sich aus der Disposition zum bestimmten Gesamtrelief wieder kein undifferenziertes Niveau, sondern es stellt sich gemäß den maximalen Erregungsmöglichkeiten in den getrennten Zentren ein Relief der tatsächlichen Erregungen ein. Im Bewußtsein wird er durch relative Selbständigkeit einiger Vorstellungsinhalte innerhalb der Kontinuität der Gesamtverbindung repräsentiert. So wird es in dem Falle sein, wo zwei spezifisch getrennte Erregungen innerhalb einer Region sich schon gebildet haben. Es sei betont, daß bei der ersten Überleitung nicht zwei relativ isolierte Zentren verbunden werden, sondern zwei noch funktionell ineinandergreifende Regionen. Denn durch den Totalfaktor, der die Verbindung in erster Linie bestimmt, werden ganze Sphären von zentralen Einheiten betroffen. Für unser Problem bedeutet das, daß

primär eigentlich keine Assoziationen gestiftet werden können, da nicht die Einzelerregungen miteinander verbunden werden, sondern zuerst eine Gesamterregung geschaffen wird, aus der die Einzelerregungen sich noch herausdifferenzieren müssen. Erst diese Differenzierung wird durch die Wiederholung der physikalisch getrennten Reizungen und durch die zeitliche Nähe bedingt, d. h. durch die Momente, welche in der Assoziationstheorie schon als assoziationsstiftend angesehen werden.

Dieser ganze Prozeß kann etwa in folgender Weise zellularphysiologisch fundiert und veranschaulicht werden. Einzelne Neuronen der momentan erregten Region sind zuerst fast völlig undifferenziert im Hinblick auf die Größe der Ganglienzellen und die Stärke der Neuriten. Die gesamte Energie der Erregung verteilt sich daher ziemlich gleichmäßig auf alle Stellen der Region und bildet ein mehr oder weniger gleichmäßiges Niveau. Infolge der Dispersion der Energie auf breitere Basis einerseits, der Undifferenzierung der Erregungsstellen und dem Übergreifen der Regionen andererseits kann keine bestimmte Repräsentation der Einzelinhalte sich bilden. (Also auch noch keine eigentliche Assoziation.) Bei öfterer Wiederholung desselben Vorganges wird das primäre Erregungsniveau sich aber verändern. Bei häufiger funktioneller Inanspruchnahme bildet sich eine Aktivitätshypertrophie aller in Betracht kommenden Stellen. Dabei werden aber besonders diejenigen zentralen Abgrenzungen bevorzugt, welche von vornherein zueinander funktionell näher stehen oder durch äußere Reizung vornehmlich in Anspruch genommen werden, da zwischen ihnen die meiste Erregungsenergie befördert wird. Die Aktivitätshypertrophie, welche in der Zunahme der erregungsfähigen Substanz sich äußert[1]), betrifft somit verschiedene Stellen des Niveaus in verschiedenem Maße. Innerhalb derselben müssen sich also Differenzierungen bilden, und zwar werden reliefartig diejenigen Stellen sich gemeinsam hervorheben, welche dieselbe oder ähnliche dynamische Bedeutung im System besitzen oder auch zu einer engeren funktionalen Einheit gehören.

Zellularanatomisch wird diese Differenzierung repräsentiert durch Vergrößerung der Ganglienzelle, durch stärkere Entwicklung der Neuriten und das Aneinanderrücken der Dendriten derjenigen Stellen, welche im System funktionell einander am nächsten stehen. Im ent-

1) Vgl. H. Berger, Beiträge zur feineren Anatomie der Großhirnrinde. Monatsschr. f. Psychiatrie und Neurologie. 1899. S. 405ff.

sprechenden Maße wird sich eine ähnliche Differenzierung für die weiter auseinander liegenden Regionen bilden, so daß die Verteilung der Gesamtenergie mehr und mehr ein differenziertes Gepräge bekommen wird.

Durch die gesamte Zunahme der zerfallsfähigen Substanz wird aber auch die Erhöhung der Gesamtenergie verursacht, so daß auch die quantitativen Unterschiede der Einzelstellen absolut wachsen werden. Auf die Weise bildet sich eine Grundlage für einzelne voneinander unterscheidbare und in ihrer Entwickelung voneinander mehr und mehr unabhängige Vorstellungsinhalte. Die Verbindung zwischen Einzelzentren nimmt dabei allmählich die Form an, welche durch die isolierte Überleitung, durch Hemmungen an Einzelstellen und andere assoziative Mechanismen ausgezeichnet ist. Durch die zeitliche Nähe der schon differenzierten Erregungen wird diese Überleitung nach den Gesetzen der Interferenz ein bestimmtes quantitatives und qualitatives Gepräge bekommen[1]).

Die Arbeitshypertrophie ist auch durch Verworn zur physiologischen Fundierung der Assoziationsmechanismen herangezogen worden. Bei Verworn handelt es sich aber um Heranziehung dieses Faktors zur Erklärung der Entstehung der Assoziationen, wozu die Hypertrophie, wie Becher ausgeführt hat, kaum ausreichend ist. Die wesentliche Abweichung meiner Auffassung von der Theorie Verworns besteht daher darin, daß, wie oben auseinandergesetzt, ich in der Arbeitshypertrophie nur das differenzierende Moment erblicke, welches der primären Verbindung nach einer gewissen Zahl der Wiederholungen die Form einer Assoziation verleiht. Für das Entstehen einer psychischen Verbindung kommt dagegen in erster Linie die Wirksamkeit des Totalfaktors, welcher psychologisch durch Eingreifen einer psychischen Aktivität repräsentiert ist, in Betracht.

Berücksichtigt man die Wirksamkeit dieses Faktors, so fällt auch der Einwand Bechers weg, welchen dieser scharfsinnige Kritiker der physiologischen Gedächtnishypothese entgegenhält. Die funktionelle Anpassungsfähigkeit, welche in dieser Theorie gefordert wird, geht weit über das hinaus, was wir von den Übungserfolgen bei anderen Organen kennen. Die Steigerung der Leistungsfähigkeit

1) Diese Gesetze der Interferenz in ihrer psychologischen Gestalt hat zum großen Teil die spezielle Assoziationsforschung schon ermittelt, die feineren physiologischen Mechanismen werden durch die moderne Physiologie der Reizwirkungen, wie sie u. a. von Verworn und seiner Schule stark gefordert ist, erfolgreich aufgeklärt.

pflegt durch die einmalige Übung unmerklich zu sein, während die Ausschleifung der Assoziationsbahn durch eine einzige Betätigung zu fordern wäre, da in bestimmten Fällen schon das einmalige Zusammenwirken der Reize eine feste Assoziation schafft. Solcher Fall liegt z. B. vor, wenn nach einer Operation, welche mit der Chloroformierung verbunden war, der Geruch dieser Substanz immer das Ganze der damals erlebten Situation in unser Bewußtsein ruft[1]). In unserer Auffassung ist diese feste Verbindung leicht erklärlich. Infolge der starken Gefühlsbetonung, welche mit einer Chloroformierung verbunden ist, wird die Wirksamkeit des Totalfaktors verursacht, welcher für die physiologische Repräsentation der ganzen Erlebnissituation ein erhöhtes Gesamtniveau der Erregbarkeit herstellt. Infolgedessen werden auf Grund eines einmaligen Zusammenseins der Einzelreizungen totale Erregungen geschaffen, welche physiologisch als mehr oder weniger differenzierte primäre Einheiten wirksam sind. Die Verbindung ist dadurch befestigt, daß bei der Erhöhung der spezifischen Erregbarkeit des gesamten Niveaus die Leitung gleichzeitig von allen Einzelzentren zu allen anderen stattfindet und auf diese Weise sehr intensive Summationen der Dispositionen geschaffen werden.

Wird bei der Reproduktion in dem Gesamtniveau eine Stelle durch einen Reiz in Erregungszustand gebracht, so wird damit die totale Erregung der Gesamtsphäre geschaffen, indem jede lokale Erregung als auslösender Reiz für Nachbarstellen wirkt, welche infolge ihrer Zugehörigkeit zu dem erhöhten Niveau in höhere Bereitschaft versetzt sind, als die nicht zugehörigen Zentren. Wenn das Einzelelement des Niveaus, welches den Ausgangspunkt oder den Durchgangspunkt der Erregungsverbreitung bildet, an sich genügend herausdifferenziert ist, so bildet es in der neuen Konfiguration einen Erregungsgipfel, um den sich dann aber das Gesamtniveau konzentriert. Infolge der erhöhten Erregbarkeit dieses Niveaus bilden sich bald Effekte, welche den Gipfel erreichen und auf diese Weise wieder eine mehr oder minder unabgestufte Einheit herstellen. Diese Einheit des momentanen Systems wird von der Totalität aller anderen möglichen Erregungen durch die Hemmungsmechanismen abgegrenzt, welche von den schon gegebenen differenzierten Systemen der Einzelerregungen ausgelöst werden. Solche Hemmungsmechanismen finden wirklich dort statt, wo differenzierte Einzelerregungen miteinander interferieren und sind zurückführbar auf die da-

1) Becher, Gehirn und Seele. S. 179, 181.

durch verursachten ausgedehnten Refraktärstadien, wie es im einzelnen durch Verworn[1]) nachgewiesen ist.

In dem schematischen Fall der Reproduktion einer Einzelvorstellung durch eine andere geht dem Auftreten einer selbständigen Erregung das Stadium des totalen Erregungsniveaus voraus. Die Lokalisation desselben bestimmt letzten Endes, aus welcher Gesamtsphäre die Reproduktion der Einzelvorstellungen stattfinden soll. Der Totalfaktor setzt ein zugleich mit der auslösenden Einzelerregung als Korrelat ihrer momentanen funktionspsychologischen Charakteristik. Die nähere Abstufung des Gesamtniveaus ist von der auslösenden Erregung (von dem Einzelinhalt) aus durch die Stärke ihrer bisherigen funktionellen Verbindung bestimmt. Das geschaffene Niveau fällt allmählich von den stärksten zu den schwächsten Verbindungen ab und ist auf derjenigen Höhe unwirksam, welche durch das momentane labile Gleichgewicht des Ruhestoffwechsels bedingt ist.

Es ist wohl auch anzunehmen, daß die Abgrenzung des momentanen Erregungsniveaus von den übrigen Verbindungen auch durch diejenigen Hemmungsprozesse unterstützt wird, welche aus der Verteilung der Oxydation resultieren. Infolge der Erhöhung des oxydativen Stoffwechsels an einer Stelle des Systems werden in anderen Stellen durch den entstehenden relativen Sauerstoffmangel momentane Hemmungen bewirkt (psychologisch — Enge des Bewußtseins). Dieses mehr oder weniger in sich differenzierte und nach außen abgegrenzte Niveau der Maximalerregung wird bei der Reizung der Ausgangsstation nicht momentan erreicht. Auf Grund der fundamentalen Eigenschaften der erregbaren Systeme, wie sie in den weiter zu besprechenden Mechanismen der rhythmisch intermittierenden Entladungen vorliegen, muß man vielmehr annehmen, daß die an der Ausgangsstation zuerst lokalisierte Erregung über die momentane Sphäre sich allmählich ausbreitet, so daß ein zeitlich ausgedehntes Anwachsen des Niveaus stattfindet, bis seine maximalen Höhen erreicht werden. Beim ersten ausgesandten Impuls werden die erreichten Höhen, absolut genommen, sehr klein sein und darum sich voneinander sehr wenig unterscheiden. Psychologisch drückt sich das durch den undeutlichen Totaleindruck der ganzen Sphäre aus: die Einzelinhalte sind am Anfang der Reproduktion noch nicht unterscheidbar. Bei der weiteren Summation der intermittierenden Impulse werden die einzelnen Höhen steigen und je nach dem minimalen Grad der für einzelne psychische Korrelate nötigen Erregungen

1) Vgl. Verworn, Erregung und Lähmung. 1914. S. 204ff.

werden auch einzelne Vorstellungen aus dem Gesamteindruck hervortreten. Dies findet so lange statt, bis die maximalen Höhen alle erreicht sind, d. h. bis die höchsten Klarheitsgrade der einzelnen Vorstellungen repräsentiert werden. Die Abhängigkeit der Einzelerregungen von dem Totalniveau wird sich im Bewußtsein durch die primäre Zugehörigkeit der einzelnen Inhalte zueinander dokumentieren. Für die Theorie der Reproduktion ist dabei von Wichtigkeit, daß die Reproduktion nicht von der Einzelerregung zu der Einzelerregung stattfindet, sondern daß mit der Erregung der Ausgangsstation ein ganzes System des momentanen Niveaus geschaffen wird, welches als eine Einheit an dem Prozeß beteiligt ist, derart, daß die Reproduktion bloß eine späte Herausdifferenzierung aus dieser Einheit darstellt.

6. Die klassische Analyse benutzend, in welcher Verworn die rhythmische Ablaufsform der Erregungsvorgänge aufgedeckt hat, kann ich den Reproduktionsprozeß folgendermaßen zusammenfassend beschreiben[1]). Mit der Einwirkung des Reizes oder was dasselbe ist, mit der einsetzenden zentralen Erregung, ist, wie oben ausgeführt, ein mehr oder weniger ausgeprägtes Niveau der erhöhten Erregbarkeit gegeben, da jede Einwirkung mit dem zentralen Totalfaktor in einem Wirkungszusammenhang steht (der psychologisch als Einheit des Inhaltes und der psychischen Funktion sich präsentiert). Im Beginn der Einwirkung der zentralen Erregung wird eine plötzliche Steigerung des Zerfalls eintreten, womit zuerst eine relativ rasche Ausbreitung auf das ganze Niveau der erhöhten Erregbarkeit gegeben wird. Im psychologischen Aspekt stellt sich dieser Tatbestand so dar, daß im Moment, wenn die Reproduktion eingeleitet wird, nur eine ausgesprochene bewußte Reproduktionseinstellung gegeben ist. (Diese Einstellung tritt besonders klar hervor, wenn die nachfolgenden Reproduktionsstadien das Bewußtsein derselben nicht überdecken: Falls der Reproduktionseffekt nicht eintritt, so hat man die wohlbekannten Zustände der Besinnung ohne irgendwelche weitere inhaltliche Bestimmung des zu reproduzierenden Inhaltes.)

Mit dem raschen Verbrauch der zerfallsfähigen Substanz, wie es im ersten Moment der Einwirkung einer Erregung eintritt, ist aber auch das Übergewicht der Zerfallsprodukte über der Neubildung des zerfallsfähigen Materials gegeben. Der Reiz wird dadurch in

1) Ich benutze bloß die rein physiologischen Aufstellungen Verworns. Für die Einführung des Totalfaktors, wie des ganzen Stufenbaues und der psychologischen Folgerungen, bin ich allein verantwortlich.

diesem Moment für das System unterschwellig und somit unwirksam. Eine Steigerung der Niveauerregung ist auf eine Zeitlang unterbunden. Die schon verbreitete Erregung bildet infolge der absoluten Tiefe des Niveaus ein undifferenziertes System, dessen Wirksamkeit sich nur in den Summationseffekten mit den nachfolgenden Impulsen zeigt. Wird der kontinuierlich bestehende Reiz wieder wirksam, da die inneren Bedingungen für die Ausbreitung einer Erregung schon hergestellt sind, so folgt ein neuer Auslösungsvorgang: Die Erregung verbreitet sich wie früher, und das Gesamtniveau ist gehoben. Bei einer gewissen Höhe des Gesamtniveaus, welche sich nach einer bestimmten Zahl der rhythmischen Summationen einstellt, haben wir in dem psychischen Aspekt einen bewußten Gesamteindruck — ein Sphärenbewußtsein ohne Differenzierung der Einzelinhalte. Das reproduzierende Moment besteht dabei immer noch in der totalen Wirksamkeit des erhöhten Niveaus. Nur bei einer weiteren Herausdifferenzierung der Einzelerregungen aus dem Niveau, bei einem bestimmten Relief der Erregungshöhen setzen Mechanismen ein, die aus den Wirksamkeiten der Einzelzentren sich zusammensetzen. Das sind die Mechanismen der Hemmung der Einzelerregungen und der Überleitung derselben in der Richtung des kleinsten Widerstandes, mit anderen Worten, die Mechanismen, welche die assoziativen Zusammenhänge darstellen. Die Abhängigkeit der Hemmungserscheinungen gerade von den starken Reizintensitäten, wie sie durch die vorhergehende Summation der unterschwelligen Erregungen geschaffen werden, brauche ich nicht zu verfolgen und verweise auf die Analyse der Interferenzwirkungen von Reizserien, die Verworn gibt[1]). Der Umstand, daß die Hemmungserscheinungen nur bei einer bestimmten Höhe der Einzelerregungen einsetzen können, ist der Grund, warum die Reproduktionsprozesse primär nicht mit einem Assoziationsmechanismus eingeleitet werden können. Die Assoziationsmechanismen treten somit nur auf einer bestimmten Stufe des Reproduktionsprozesses auf und können daher nur sekundär in den weiteren Verlauf eingreifen.

Mit dem Vorstehenden dürfte die Anschauung befestigt sein, daß die Assoziation in ihren Bedingungen weder als selbständiger psychischer Faktor angesehen werden kann, noch die primäre Form des Reproduktionsprozesses darstellt. Ihre Bildung wird in den meisten Fällen, die psychologisch interessant sind, durch einen Totalfaktor bewirkt, der funktionspsychologisch sich repräsentieren läßt.

---

1) A. a. O., S. 204—211.

III. Physiologische Korrelate der Beziehungsakte[1]).

1. Um den Zusammenhang der assoziativen Mechanik mit dem Beziehungsbewußtsein aufzudecken, ist es notwendig, wie oben ausgeführt, auch für das letztere physiologische Korrelate aufzusuchen. Daß es sich dabei um bloße Hypothese handeln wird, sind wir uns von vornherein bewußt. Unsere Hypothese wird wahrscheinlich sogar weniger befestigt sein können als die Hypothese der Lokalisation psychischer Inhalte in den mehr oder weniger abgegrenzten Zentren. Denn wenn man im letzten Falle die Gesamtheit der pathologischen Befunde, der natürlichen Ausfallserscheinungen und sonstige Erfahrungen in Anspruch nehmen kann, werden wir nicht imstande sein, zurzeit ein ähnliches Beweismaterial anzuführen. Es muß dabei aber bedacht werden, daß fast die ganze Lokalisationslehre, ebenso wie die meisten psychophysiologischen Betrachtungsweisen unter dem Gesichtspunkte ausgebildet worden sind, daß mit den inhaltlichen Repräsentationen anschaulicher Art das Wesentliche der Bewußtseinserscheinungen erschöpft ist. Daher sind auch alle betreffenden Befunde nur unter dem einen inhaltspsychologischen Gesichtspunkt angesehen worden. Aber abgesehen von dieser bestimmten Einstellung, bei der man natürlich nur das gefunden hat, worauf man von vornherein geachtet hat, ist die Zuordnung irgendwelcher physiologischen Korrelate und des Beziehungsbewußtseins auch dadurch erschwert, daß dasselbe als eine eigenartige psychische Einheit in den Fällen, auf die sich die psychophysiologische Theorie stützen könnte, sehr schwer feststellen läßt. Weder bei den natürlichen, noch bei den künstlichen Ausfallserscheinungen darf man erwarten, daß die Patienten eine psychologische Angabe über Beziehungsbewußtsein machen können, da sogar mancher normale Psycholog dazu nicht imstande ist. Auch wird eine direkte Verifikation unserer Aufstellung infolge der natürlichen Bedingungen des physiologischen Experiments nicht möglich sein.

2. Trotz alledem müssen wir es im Interesse der Vollständigkeit einer psychophysiologischen Theorie wagen, eine Annahme über die physiologischen Korrelate des spezifischen Beziehungsbewußtseins zu machen. Dabei werden wir nur die Annahmen weiter ausdenken, die der physiologischen Theorie des Inhaltsbewußtseins zugrunde liegen. Diese nimmt, wie bekannt, an, daß dem inhaltlichen Bewußtsein eine bestimmte Intensität des Zerfalls in der erregungsfähigen Sub-

---

1) Über Psychologie der Beziehungsakte siehe Arch. f. ges. Psychologie. Bd. XXXVI. S. 423ff.

stanz der Ganglienzelle entspricht. Wie wir gesehen haben, wird diese Intensität durch den Totalfaktor erhöht. Auch bewirkt derselbe eine bessere Leitung der Erregung in der Form des kontinuierlichen Zerfalls in dem markhaltigen Nerv. Die intrazellulare physiologische Repräsentation des Totalfaktors und der Überleitungsprozesse in dem markhaltigen Nerv wollen wir als Korrelate für die dynamische Charakteristik des Beziehungsbewußtseins ansehen.

Wir nehmen somit an, daß nicht nur den Prozessen in den Zentren, sondern auch den Dissimilationsprozessen in der Nervenfaser Bewußtseinsprozesse eigener Art entsprechen. Auf alle die Einwände, welche dieser Hypothese gemacht werden können, kann man antworten, daß die Zuordnung des Inhaltsbewußtseins den Prozessen, welche in der Zelle stattfinden, prinzipiell einen ebenso hypothetischen Charakter trägt und ebensowenig direkt verifizierbar ist. Es kann uns im einzelnen entgegengehalten werden, daß die Prozesse in der Nervenfaser spezifisch anders sind als solche in der Ganglienzelle. So z. B. folgt die Faser dem Alles- oder Nichtsgesetz, die Zelle aber besitzt eine starke Fähigkeit der Summation, so daß die Erregungen in beiden Elementen verschiedene Effekte mit sich bringen müssen. Darauf ist zu antworten, daß dieser Unterschied kein prinzipieller ist und nicht in der spezifischen Natur der erregungsfähigen Substanz als solcher begründet ist; denn bei einer genügenden Ermüdung oder Erstickung des markhaltigen Nerven gewinnt er die Eigenschaft der Erregungssummation und gehorcht dabei wie die Zelle dem Weberschen Gesetz. Die Möglichkeit dieses Überganges weist daher darauf hin, daß in beiden Elementen des Neurons prinzipiell dieselben Zerfallsprozesse stattfinden. Diese Annahme wird auch durch die entwicklungsgeschichtliche Überlegung gestützt, insofern man annehmen darf, daß die Nervenfasern nur einen besonders differenzierten Ausläufer der Ganglienzelle darstellen. Schließlich bilden die Elemente des Neurons auch sonst eine anatomische und physiologische Einheit. Kein geringerer als Kölliker konnte daher annehmen, daß »die wesentlichen Faktoren der geistigen Fähigkeiten für das Empfinden, das Bewußtsein, das Wollen, das Gedächtnis, das Denken die Nervenzellen sind, doch sind dieselben dabei als ganze Neurodendren mit allen ihren Ausläufern beteiligt[1].«

Angenommen aber auch, daß die markhaltigen Nerven andere

1) A. Kölliker, Kritik der Hypothesen von Rabl-Rückhard und Duval über die amöboiden Bewegungen der Neurodendren. Sitzungsber. d. physikal. med. Gesellschaft zu Würzburg 1885.

Erregungscharaktere aufweisen als die Ganglienzellen, so darf man daraus nicht so viel folgern, wie die Anhänger des ausschließlichen Inhaltsbewußtseins das tun. Aus der Verschiedenheit der Erregungscharaktere darf man vorsichtigerweise nur schließen, daß, falls der eine Prozeß mit Bewußtsein verbunden ist, der andere mit einem davon verschiedenen Bewußtsein (aber immer doch Bewußtsein) einhergeht. Denn es ist nicht einzusehen, warum zwei Erregungscharaktere, die ineinander übergehen können und im normalen Verlauf einander vermitteln, so weit voneinander unterschieden sind, daß bloß der einen von ihnen ein bewußtes Korrelat entsprechen soll. Wir werden vielmehr aus der Verschiedenheit der Erregungsverläufe in beiden Neuronenelementen sowohl die phänomenale Verschiedenheit des Inhalts und Beziehungsbewußtseins als auch ihre verschiedene Stellung in der Reproduktion erschließen können.

Es ist bekannt, daß die Ganglienzellen kleinere Erregbarkeit besitzen als die markhaltigen Nerven, womit auch eine kleinere Geschwindigkeit der Erregungswelle in dem Ganglion verbunden ist[1]). Auf diese Verschiedenheit wird u. a. der mehr dynamische Charakter des Beziehungsbewußtseins gegenüber den Inhalten zurückzuführen sein, da die Prozesse in dem ma khaltigen Nerv bei dem ve hältnismäßig kleinen Quantum der erregbaren Substanz sich so schnell verbreitern, daß es bloß zum Bewußtsein einer inneren Anstrengung oder einer inneren Bewegung, nicht aber zu einem statischen Dauereindruck kommen kann. Der schnelle Aufbau der Dissimilationsprodukte in der markhaltigen Nervensubstanz führt auch dazu, daß der entsprechende Bewußtseinsprozeß mehr einen punktartigen momentanen Charakter trägt als die Inhalte, welchen die Dauer spezifisch innewohnt[2]). Auch läßt sich der von uns phänomenologisch aufgeklärte Tatbestand, daß das Beziehungsbewußtsein als solches keine Bewußtseinsgrade besitzt, sehr gut auf die Tatsache zurückführen, daß die Erregungsprozesse in dem anatomischen Substrat des eigentlichen Beziehungsbewußtseins, d. i. in dem markhaltigen Nerv, dem Alles- oder Nichtsgesetz folgen, so daß die Erregung desselben immer mit demselben nicht mehr steigerungs- oder verminderungsfähigen Effekt verbunden ist. Die verschiedenen Formen des Beziehungs-

1) Vgl. Verworn, a. a. O., S. 127.

2) Eine selbständige Formation der dynamischen Bewußtseinsphänomene scheint auch Wertheimer annehmen zu wollen. Er sagt wenigstens: »Und warum sollte es nicht rein dynamische Phänomene geben? Es ist kein innerer Grund vorhanden, Psychologisch-Dynamisches a priori auf Statisches zurückführen zu müssen.« A. a. O., S. 245.

bewußtseins können daher bloß auf eine mehr oder minder starke Beteiligung der Zellenerregungen zurückgeführt werden.

3. Damit haben wir einen Punkt berührt, dessen Hervorhebung das Mißverständnis beseitigen wird, als ob unsere physiologische Auffassung das Aktbewußtsein, welches an die Leitungsprozesse gebunden ist, vollkommen isolieren will. Ebenso wie im psychologischen Aspekt das Beziehungsbewußtsein immer irgendwie auf die beteiligten Fundamente bezogen ist, hat es auch als physiologisches Korrelat des Beziehungsbewußtseins der Gesamtform zu dienen, in der die Zellenerregungen als Fundamente für das spezifisch dynamische Moment der Überleitung beteiligt sind. Je nachdem, welche Elemente in der momentanen Gesamtform betont sind, treten inhaltliche oder dynamische Beziehungen des mehr oder weniger konkreten Beziehungsbewußtseins in den Vordergrund. Konkrete Formen desselben gehen einher mit einer ausgedehnten Beteiligung mehrerer inhaltlicher Erregungsherde. Neben einer Hauptbahn zwischen zwei mehr oder weniger angrenzenden Regionen, welche die betreffende Beziehung in ihrer Wesenheit repräsentiert, sind auch weniger ausgeprägte Nebenbahnen mitbeteiligt, welche, wie zwischen beiden fundamentalen Regionen, so auch zwischen diesen und anderen inhaltlichen Abgrenzungen verlaufen. Je mehr solche Nebenerregungen und Überleitungen stattfinden, desto größer ist die konkrete Bestimmtheit des Beziehungsbewußtseins. Dieses hat als sein physiologisches Korrelat ein Gesamtniveau, welches sich reliefartig differenziert, wobei die Fundamente durch die Höhen und die fundamentale Beziehung durch Überleitung repräsentiert sind.

Die kategorialen Formen sind dagegen durch die Verstärkung der Hauptleitung repräsentiert. Je mehr dieser physiologisch direkte, d. h. funktional am meisten begünstigte Weg befahren wird, desto weniger werden die Nebenbahnen gleichzeitig eingeschlagen, da die meiste Erregungsenergie auf diesem Wege des kleinsten Widerstandes abgeleitet wird. Bei weiterer Ausschleifung des Weges sind die Erregungseffekte auf dieser Bahn infolge der Ansammlung der zerfallsfähigen Substanz den Nebenerregungen absolut so überlegen, daß in der Gesamtform der Dissimilation die Nebeneffekte in den bewußten Korrelaten übertönt werden: das Beziehungsbewußtsein geht auch, wie wir wissen, bei öfterer Stiftung aus der konkreten in die kategoriale Form über. Dabei ist aber, was für die Determination des Reproduktionsprozesses von größter Wichtigkeit ist, diese kategoriale Form immer noch eindeutig nicht nur durch die wesentlichen Fundamente gesetzt, sondern auch durch die Rudimente der konkreten Bestimmung.

Bei Besinnung wird die kategoriale Form sofort in eine konkrete umgewandelt werden können. Physiologisch beruht das darauf, daß infolge der Hyperämie in der ganzen betreffenden Region Nebenbahnen eingeschlagen und Erregungen wirksam werden, die in dem Gesamtniveau bloß unterschwellig angelegt waren. So ist es verständlich, daß, falls ein Fundament mit dem kategorialen Beziehungsbewußtsein verbunden ist, das andere Fundament in dem realen Prozeß schon eindeutig determiniert ist. Denn das Niveau, welches die Reproduktion bestimmt, ist als ein konkretes mit allen zugehörigen Nebenerregungen wirksam, wenn auch im Bewußtsein nur die kategoriale Form gegeben ist, welche — an sich genommen — keine eindeutige Determination des zweiten Fundaments in den meisten Fällen abgeben kann.

Ebenso wie die konkreten und kategorialen Formen des Beziehungsbewußtseins in dem Gesamtniveau der momentanen Erregungen, bei der Zuordnung dieses Bewußtseins zu den dynamischen Prozessen der Überleitung, ihre Korrelate finden, ebenso läßt sich innerhalb desselben Schemas auch die dynamische Charakteristik des Beziehungsbewußtseins als Stiftung oder Meinen unterbringen. Bei der Stiftung haben wir es mit der originären Bildung einer bis jetzt noch nicht befahrenen Verbindung zu tun. Dieselbe findet statt, falls die beiden Fundamente im momentanen Zustand der Erregbarkeit der Großhirnrinde gleichzeitig irgendwie ausgezeichnet sind, so daß zwischen beiden Regionen eine gegenseitige Überleitung der Erregungen stattfinden kann. Solche Auszeichnung der Erregungsherde ist z. B. bei einer Steigerung der Erregbarkeit infolge des Gesamtfaktors gegeben. Phänomenologisch wird diese Auszeichnung durch die Konzentration der Aufmerksamkeit, durch geistige Aktivität, Vergleichen und Zusammenfassenwollen dargestellt, wie sie bei der Stiftung wirklich stattfinden. Das Punktartige, gleichsam Explosionsähnliche der plötzlich »aufleuchtenden« Beziehung, wodurch sich eine primäre Stiftung auszeichnet, ist auf die große Energieauslösung zurückzuführen, welche dabei stattfindet infolge einer besonders gesteigerten spezifischen Erregbarkeit der Zentren und der Leitungsbahnen. Die psychologische Beobachtung, daß die Beziehungsglieder in dem Beziehungsganzen aufgelöst werden, so daß das Bewußtsein ihrer besonderen Abgrenzung und Inhaltlichkeit dem Erlebnis eines Ineinanderfließens Platz macht, hat seine physiologischen Korrelate in demselben Tatbestand: Bei einem starken Überleitungsprozeß, etwa einem physiologischen Kurzschluß im Sinne Wertheimers, wird das dynamische Bewußtsein besonders in den Vordergrund her-

vorgehoben. Dies wird noch dadurch unterstützt, daß ein inhaltliches Bewußtsein dabei einen schon weniger stabilen Charakter trägt, weil bei den explosionsartigen Zerfallsprozessen in beiden Zentren eine Schnelligkeit erreicht ist, die schon mehr dem dynamischen Bewußtsein entspricht.

Die Form des Meinens endlich ist physiologisch durch dieselbe Gesamtform der Erregung repräsentiert wie auch die Stiftung, bloß nur auf einem tieferen Niveau der Entwicklung. Dasselbe stellt sich ein, wenn bei öfterer Wiederholung derselben Stiftung die funktionale Zusammengehörigkeit der einzelnen Erregungen so befestigt ist, daß die Gesamtform sich momentan abgrenzt ohne Unterstützung durch den Totalfaktor und durch die Hemmungen in den übrigen Erregungsbereichen. In diesem Zustand heben sich die einzelnen Erregungen gegeneinander noch nicht genügend ab und sind an und für sich so klein, daß in dem Überleitungssystem Prozesse stattfinden müssen, die der Intensität und der Expansion nach noch steigerungsfähig sind. Das dynamische Bewußtsein ist also eingeleitet, ist aber gegenüber den Inhalten nicht genügend abgehoben. Bei der durch den Totalfaktor bedingten Steigerung der Überleitungsprozesse stellt sich der Effekt einer entsprechenden Stiftung ein. Denn die Steigerung der Erregbarkeit betrifft in erster Linie die Prozesse in der Leitungsbahn, welche dem Beziehungsakt korrelativ sind.

Die physiologisch feststehende Tatsache der größeren Erregbarkeit der Bahn gegenüber den Zentren dient auch als Grundlage für die Erklärung, warum das Beziehungsbewußtsein als solches viel stärkere reproduktive Wirksamkeit besitzt als die Fundamente desselben. Wird mit der Erregung der Region, welche einem Fundament entspricht, wie wir angenommen haben, das ganze Niveau einer Gesamtform miterregt, so sind infolge der stärkeren spezifischen Erregbarkeit der Leitungsbahnen die Momente der Beziehung im Bewußtsein schon in demjenigen Stadium wirksam, in welchem dasselbe Quantum der Erregung zu einer inhaltlichen Abgrenzung noch nicht ausreicht. Konzentriert man sich mit Bewußtsein auf diese Beziehungsmomente, so wird in der Gesamtform die inhaltliche Erregung erst später hervorgehoben, da die Steigerung im Gesamtniveau zuerst die viel labilere markhaltige Nervensubstanz betrifft und nur nachher auf die Zentren übertragen wird, welche in ihrer spezifischen Erregbarkeit weniger beeinflußbar sind.

Die Reihenfolge der Dissimilation der Gedächtnisspuren, die bekanntlich vom Konkreten zum Allgemeinen schreitet, erklärt sich ebenso, wenn man das spezifische Beziehungsbewußtsein, welches die

allgemeine Qualität der Komplexe zusammenfaßt, den Überleitungsprozessen zuordnet. Wird die Erregung in den Zentren infolge irgendwelcher Einflüsse plötzlich gehemmt und fällt damit das inhaltliche Bewußtsein aus, so braucht das spezifische Bewußtsein, welches an die Erregungen in den Bahnen gebunden ist, noch nicht zerstört zu werden. Es bleibt vielmehr ein undifferenzierter Bewußtseinszustand übrig, den man als Bewußtseinslage, als Sphärenbewußtsein, als Zugehörigkeitsbewußtsein usw. bemüht war zu beschreiben. Ich glaube, daß es in vielen solchen Fällen sich um die Reproduktion diffuser Beziehungserlebnisse handeln wird, bei denen die inhaltlichen Repräsentationen gehemmt sind. Hier bildet sich auf dem Wege der Dissimilation ein Effekt, der den primären Stadien des produktiven Verbindungsprozesses ähnlich ist. Auch bei diesem ist, wie wir gesehen haben, zuerst die Gesamtform des Erregungsniveaus gegeben, ohne daß die inhaltlichen Repräsentationen sich darin abheben.

IV. Psychophysiologischer Zusammenhang zwischen dem Beziehungsakt und der Assoziation.

1. Weiter sollen die Konsequenzen und die Anwendungen unserer Annahme für die physiologischen Substrate nicht verfolgt werden. Ich bin mir des hypothetischen Charakters meiner Aufstellungen vollkommen bewußt. Was mich aber in erster Linie bestimmt hat, diese Betrachtungen anzustellen, ist der Umstand, daß der unleugbare Zusammenhang des Beziehungsbewußtseins und der Assoziation durch sie unmittelbar geklärt wird. Die Assoziation, wie das Beziehungsbewußtsein gehen, wie daraus leicht zu ersehen ist, auf dieselbe gemeinsame physiologische Struktur zurück, bilden aber im Prozeß der Verbindung und der Reproduktion bloß zwei verschiedene Stadien derselben Herausdifferenzierung der inhaltlichen Repräsentationen aus einem primären Gesamtniveau der Erregungen und der Erregungsleitungen. Das auslösende Moment für die Bildung der Assoziation wie des Beziehungsbewußtseins bildet die Wirksamkeit des Totalfaktors, welcher die Indikation höherer Intensitäten der physiologischen Prozesse bedeutet. Durch ihn werden die spezifische Erregbarkeit und Abgrenzung der momentanen reproduktiven Zusammenhänge bestimmt. Der Zustand, welcher dem Beziehungsbewußtsein entspricht, ist dabei als primäres Stadium zu betrachten. Die psychologische Erfahrung bestätigt diese Annahme, insofern es nie gelungen ist nachzuweisen, daß die wirksamen assoziativen Verbindungen gestiftet worden sind, ohne irgendeinen Anteil der psy-

chischen Funktionen der Beachtung, der Zusammenfassung, der Unterscheidung. Sollten durch die bloßen objektiven Faktoren des Nebeneinander irgendwelche Zusammenhänge entstehen können, so würden sie, soweit unsere Feststellungsmöglichkeiten reichen, unwirksam bleiben oder auf jeden Fall durch die Verbindungen gehemmt, welche durch die »subjektiven Faktoren« bestimmt sind[1]).

Eine einfache Wiederholung derselben Sukzession (als Bedingung der Assoziation) wird auch kaum ohne unwillkürliche Beachtung dieser Nachbarschaft vor sich gehen. Wird daher nach der Wiederholung eine besonders starke Assoziation gebildet, so muß man immer annehmen, diese Stärke könne ebenso durch die objektive Wiederholung wie auch durch wiederholtes Zusammenfassen oder die Beachtungsakte zustande gekommen sein.

Da angenommen werden muß, daß das Bewußtseinsphänomen nur bei einer gewissen Intensität und Dauer der Dissimilationsprozesse einhergeht, so kann es innerhalb unserer Annahme auch verständlich gemacht werden, warum die assoziativen Prozesse in das Bereich des Außerbewußten gehören, obgleich ihnen dieselbe physiologische Form entspricht, wie dem Beziehungsbewußtsein. Bei den Stiftungsakten, welche einen starken Widerstand der unbefahrenen Wege zu überwinden haben, ist die Intensität der Leitungserregung so groß, daß bei ihr ein bestimmter Bewußtseinscharakter auftritt. Je kürzer ein solcher Prozeß dauert, desto verdeckter wird das Bewußtsein von dem Beziehungszusammenhang der Denkschritte. (Bei besonders schnellen Abläufen tritt der Grenzfall ein: »Nicht ich denke, sondern, ich weiß nicht wie, es denkt in mir.«) Bei der Wiederholung des Überleitungsvorganges in derselben Art und Weise steigt die Intensität des Dissimilationsprozesses infolge der funktionellen Hypertrophie der zersetzbaren Substanz, und auch die Dauer wird kleiner. Auf der psychischen Seite stellt sich das kategoriale Beziehungsbewußtsein ein, dessen Entstehungsmechanismus aus dem konkreten vom psychologischen und physiologischen Gesichtspunkte aus schon besprochen ist. Gegenüber dem konkreten Beziehungsbewußtsein bedeutet es eine Schwächung des dynamischen Bewußtseinscharakters, was eben auf die Steigerung der Erregungsprozesse in den Einzelzentren zurückführbar ist. Steigern sich diese Prozesse noch mehr, so werden einerseits die inhaltlichen Bestimmungen noch mehr betont,

1) Nach den vorstehenden Ausführungen wird man mich wohl in diesem Ausdrucke nicht mißverstehen. Diesen »subjektiven« Faktoren kommt eine ebenso eindeutige reale Rolle zu wie den Faktoren, die nur deswegen objektive heißen, weil sie aus der Ordnung der Objekte abgeleitet sind.

andererseits aber muß ein Punkt erreicht werden, wo mit diesen Inhalten kein Beziehungsbewußtsein mehr verbunden ist. Denn bei einer gewissen Schnelligkeit der Dissimilationsprozesse dauert die ganze Überleitung so kurz, daß es zu keinem spezifischen Bewußtseinseffekt kommen kann. Bevor dasselbe auftritt, tritt schon das inhaltliche Bewußtsein auf und übertönt durch seinen vollen repräsentativen Charakter das womöglich sich noch entwickelnde Beziehungsbewußtsein. In diesem Stadium der Mechanisierung kann das Beziehungsbewußtsein nach der Reproduktion des zweiten Fundamentes, wie es die Versuche von Michotte und Rancy gezeigt haben, event. noch aufsteigen. Wächst aber die Intensität und damit auch die Schnelligkeit der Überleitungsprozesse infolge der funktionellen Hypertrophie oder des Totalfaktors noch mehr, so ist die Dauer der Überleitungsprozesse so klein, daß sie in keinem Falle ausreicht, um ein dynamisches Bewußtseinsphänomen einzuleiten. In diesem Stadium ist das Beziehungsbewußtsein durch eine Assoziation ersetzt, die die Inhalte besonders stark betont, aber mit keinem Bewußtsein der Überleitung von einem Inhalt zu dem anderen verbunden ist. Selbstverständlich kann, nachdem die Inhalte auf Grund einer Assoziation reproduziert sind, wieder das Bewußtsein der Zusammengehörigkeit sich einstellen, indem ein neuer Beziehungsakt eingeleitet wird.

Der ganze Automatismus und der Übergang von dem Beziehungsbewußtsein zu der Assoziation geschieht innerhalb derselben kortikalen Wege. Es ist unnötig, die Annahme zu machen, daß der Ausfall des Bewußtseinsphänomens bei der Mechanisierung durch Ausschaltung einiger kortikalen Stationen bedingt ist. Übrigens ist die letztere Annahme auch in den allgemeinen Zusammenhang der Reiz- und Erregungsleitung schwer einzuordnen, indem es nicht bestimmbar ist, auf welche allgemein bekannte physiologische Gesetzmäßigkeiten die Veränderung der eingeschlagenen Bahn zurückzuführen ist.

2. Den psychophysiologischen Teil meiner Betrachtung schließe ich mit dem Versuch, eine Zusammenfassung in der Form eines räumlichen Schemas zu geben. Das übliche Schema geht von der Bestimmung aus, daß die Assoziation eine Verbindung zwischen dem Reproduktionsmotiv und der Reproduktionsgrundlage herstellt. Man denkt sich dabei die Reproduktionsgrundlage als eine von der Vorstellung hinterlassene Spur außerhalb des momentanen Bewußtseinsinhaltes. Das Reproduktionsmotiv ist aber die momentan im Bewußtsein gegebene Vorstellung. Der Zusammenhang beider muß somit immer in einem Übergreifen aus dem phänomenalen Gebiet in

das realpsychische oder physiologische bestehen. Wenn daher im physiologischen Substrat eine Grundlage für die zu reproduzierende Vorstellung angenommen wird, so muß konsequenterweise in diesem Substrat auch eine Grundlage für das Reproduktionsmotiv bestehen. In das Reproduktionsschema ist meistens auch die Perseverationstendenz aufgenommen, die von der Reproduktionsgrundlage ausgeht und das Auftreten der Vorstellung im Bewußtsein bewirkt. Dementsprechend muß, wie vom Standpunkte der Wechselwirkung so auch des Parallelismus angenommen werden, daß es auch eine bestimmte Tendenz gibt, welche von dem Reproduktionsmotiv ausgeht und eine physiologische Lokalisierung oder Elektion der entsprechenden Grundlage ermöglicht. Die Postulierung dieser besonderen Elektionstendenz soll durch folgende Ausführungen unterstützt werden.

Wenn eine Vorstellung im Bewußtsein auftritt, ist sie zuerst in eine mehr oder minder ausgedehnte und diffuse Sphäre der Erlebnisse eingebettet, der auf der physiologischen Seite eine momentane Ausbreitung des Erregungsniveaus entspricht. Die Motivgrundlage ist somit vorerst im physiologischen Korrelat noch nicht isoliert. Soll daher die Reproduktion von einer einzelnen Vorstellung aus als dem Reproduktionsmotiv bestimmt werden, so muß in der Gesamtform des Erregungsniveaus eine bestimmte Höhe sich herausdifferenzieren, welche dem Bewußtsein dieser isolierten Vorstellung entspricht. Solche Herausdifferenzierungen werden durch den Totalfaktor begünstigt werden, wie es auch die bekannten psychologischen Zusammenhänge zwischen der Perseverationstendenz und der Aufmerksamkeit dartun. Es ist nämlich festgestellt worden, daß je größer der Anteil der Aufmerksamkeit bei dem Vorstellen, desto wirksamer die Perseverationstendenzen bei der Reproduktion sind (Müller und Pilzeker). Ob überhaupt ohne Eingreifen der psychischen Funktion ein genügend starker Zerfallsprozeß stattfinden kann, um das Bewußtseinsphänomen der selbständigen Vorstellung einzuleiten, lasse ich offen. Jedenfalls aber zeigt die Abhängigkeit der Perseveration von der Aufmerksamkeit, daß eine hemmungslose Steigung einer Vorstellung ins Bewußtsein nur dann stattfindet, wenn die entsprechende Herausdifferenzierung der Vorstellungsgrundlage aus dem Gesamtniveau durch den elektiven Faktor der Aufmerksamkeit befördert wird. In den Fällen daher, in welchen die Wirksamkeit der psychischen Funktion mehr oder weniger vermindert, müssen wir dementsprechend erwarten, daß hier besonders starke Hemmungsmechanismen hervortreten. In der Tat ist das auch durch das Tierexperiment bestätigt worden.

3. Wir müssen sicher annehmen, daß der Anteil der psychischen Funktionen in der Tierpsyche ein außerordentlich kleiner ist und sehen zugleich, daß die assoziativen Verbindungen in der Tierpsyche in großem Maße durch die hemmenden Mechanismen beeinflußbar sind, wie die Pawlowschen Untersuchungen über die Bildung und Funktion der sog. bedingten Reflexe schlagend zutage fördern. Diese Untersuchungen zeigen zugleich, daß die Verbreitung der Erregungsprozesse auf ein Gesamtniveau und die nachfolgende Konzentrierung auf einen Einzelherd, wie ich sie oben für die Reproduktionsprozesse postuliert habe, tatsächlich objektiv nachweisbar sind.

Eine physiologische Äußerung sei zuerst im natürlichen reflektorischen Verband an einen Reiz gebunden (sog. unbedingter Reflex, wie er z. B. in der Aufeinanderfolge: Fleischgeruch—Speichelabsonderung vorliegt). Appliziert man dabei in öfterer Wiederholung auch einen indifferenten Reiz, z. B. einen Ton, so bildet sich schließlich ein sog. bedingter Reflex oder eine Assoziation zwischen dem indifferenten Reiz und der Speichelabsonderung. Solche bedingte Reflexe sind sehr labil und zerfallen oder werden getrennt bei kleinsten Nebenerscheinungen aus dem inneren oder äußeren Milieu des Organismus[1]).

Was die Funktionsform dieser bedingten Reflexe anbelangt, so zeigt Pawlow, daß im ersten Stadium des Erregungsprozesses die Energie auf mehr oder weniger breite Gebiete zerfließt: Bei großer Intensität eines ganz neuen Reizes, der in keiner Verbindung mit der geschaffenen Assoziation steht, übergreift die entsprechende Verbindung und führt zur unerwarteten Auslösung des Speichelreflexes. Bei einer abgeschwächten Intensität aber führt der Reiz bloß zur Herabsetzung der Erregbarkeit des betreffenden Zentrums[2]). Als zweite Phase des ganzen Prozesses nennt Pawlow das Sammeln, die Konzentrierung der Erregung in ihrem Ausgangspunkt. »In besonderer demonstrativer Form, welche nicht den geringsten Zweifel mehr zuläßt, zeigt sich dieses Gesetz an dem Nervenprozeß, welchen wir die innere Hemmung genannt haben[3]).« »Nehmen wir z. B. an, daß einige bedingte Reize an einen und denselben unbedingten Reiz gebunden sind. Verkleinern wir einen von ihnen, so konstatiert man dabei unmittelbar eine bedeutende oder komplette Unterdrückung aller anderen bedingten Reize. Machen Sie aber einen anderen Versuch, indem Sie die Reize nicht unmittelbar nach der Verkleinerung

---

1) Pawlow, Die Erforschung der höheren Nerventätigkeit. (Groningen ohne Jahresangabe.) S. 4.

2) Ibid., S. 11.

3) Pawlow, a. a. O., S. 12.

des ersten prüfen, sondern nach einigen Minuten nach solcher Dämpfung, so konstatieren Sie dabei, daß sie alle schon wieder wirksam sind, indem der gedämpfte Reiz aber noch lange gehemmt bleibt. Man kann daher annehmen, daß die Hemmung im engeren Gebiete des entsprechenden Analysators (Sinnesorgan plus entsprechende Rindenpartien A. G.) entstanden ist. Sie irradiiert aber zuerst auf andere Analysatoren, um sich schließlich in dem Ausgangspunkt zu konzentrieren und von anderen Stellen zu verschwinden (Versuche von Dr. Horn). Man bemerkt ähnliche Tatbestände auch bei der Differenzierung der Reizwirksamkeit. Nehmen wir an, daß ein bedingter Reiz in Form eines Tones gegeben ist und daß ein anderer Ton von ihm in seiner Wirksamkeit schon differenziert ist (800 Schwingungen als bedingter Reiz wirksam. 812 Schwingungen lösen den Speichelreflex schon nicht mehr aus). Es seien noch einige bedingte Reize angenommen, die alle mit demselben unbedingten Reiz verbunden sind. Falls man energische Hemmungen gebraucht (hohe Differentiation), die in breiten Grenzen abstufbar sind, so konstatiert man nach dem Gebrauch des differenzierten Tones, daß alle Reize eine Zeitlang gehemmt bleiben, darunter auch der Ton und die Reize anderer Analysatoren. Falls man aber eine Hemmung in denselben zeitlichen Verhältnissen, aber auf einem niederen Grad provoziert, so bemerkt man keine Hemmung für Reize anderer Analysatoren. Dagegen tritt noch die Hemmung für den akustischen Reiz (Versuche von Dr. Beliakoff) hervor. Man konstatiert hier wieder, daß die Hemmungsäußerung zuerst irradiiert, um sich später in dem Ausgangspunkt zu konzentrieren. Dieselben Beziehungen zeigen sich mit einer vollkommenen Evidenz für taktile Analysatoren (Versuche von Dr. Krasnogorsky)[1]). »Nehmen wir an, wir hätten längs dem Hinterbein des Hundes einige Apparate zur mechanischen Hautreizung angebracht und diese Reize sind zu bedingten Erregern der Nahrungsreaktion gemacht worden, der unterste Apparat ist aber von den höher angebrachten differenziert, er ist unwirksam gemacht worden. In diesem Falle kann der Experimentator gerade mit dem Auge fassen, wie bei der Arbeit des unteren Apparates entstehende Hemmungsprozesse zuerst sich auf höhere Apparate verteilen und sich dann streng nacheinander in seinem Ausgangspunkt konzentrieren[2]).«

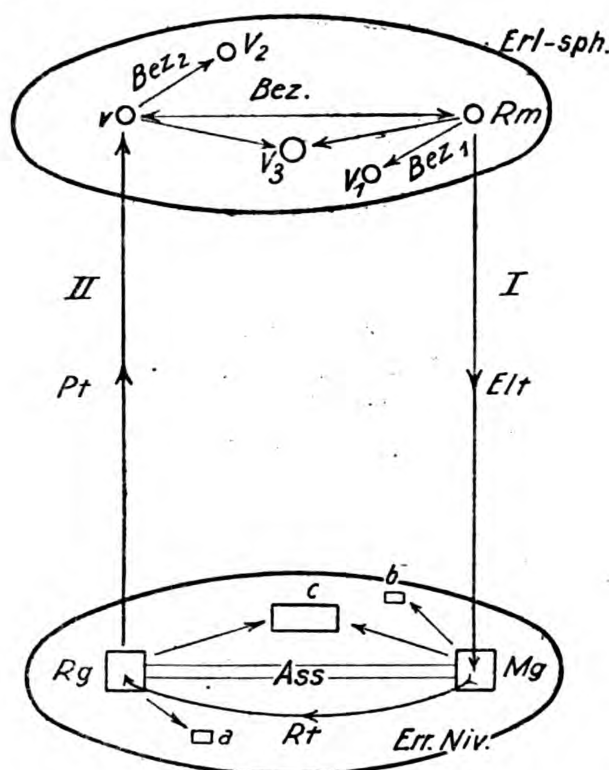
In einem entwickelten psychophysischen Organismus muß diese Konzentration auf den einzelnen Erregungsherd, wie das Auftreten

1) Pavloff, Inhibition interne. Extrait du Livre jubilaire du Professeur Ch. Richet 1912.

2) Pawlow, a. a. O., S. 12.

der selbständigen Vorstellungen in dem Reproduktionsablauf zeigt, sehr groß sein und wird jedenfalls früher einsetzen als die Hemmungen, die durch Irradiation entstehen könnten. Die Faktoren, welche eine solche Herausdifferenzierung der Einzelerregung aus dem Gesamtniveau bedingen, wollen wir unter dem Namen Elektionstendenz zusammenfassen. (Die entsprechenden physiologischen Mechanismen haben wir in der Skizzierung des Reproduktionsvorganges entwickelt.)

4. Der Reproduktionsvorgang läßt sich nach dieser Ausführung in folgendem Schema darstellen.



V = Vorstellung. $V_1\ V_2\ V_3$ = Neben- und Durchgangsvorstellungen. *Bez* = wirksame Beziehung. Bez_1, Bez_2, Bez_3 = Beziehungen innerhalb der *Erl.*-Sphäre. *Erl.-sph* = momentane Erlebnissphäre der *V*. *Rm* = bewußtes Reproduktionsmotiv. *El. T* = Elektionstendenz. *Mg* = Motivgrundlage. *Rt* = Reproduktionstendenz. *Rg* = Reproduktionsgrundlage. *Pt* = Perseverationstendenz. *a*, *b*, *c* = relativ herausdifferenzierte Höhen des *Err. Niv* = Erregungsniveau. *Ass* = Assoziation.

In einem primären konkreten Beziehungsakt wird — wie auch die Analyse der Beziehungserlebnisse gezeitigt hat — eine ganze Sphäre der Bedeutungserlebnisse geschaffen, in welcher die Einzelvorstellungen noch undifferenziert eingeschmolzen sind. Diesem

Erlebnis entspricht die Anregung eines ganzen, noch nicht differenzierten Erregungsniveaus, in welchem die Herde für die Einzelerregungen eingebettet sind. Der psychischen Funktion des Beziehungsaktes entspricht der physiologische Totalfaktor, der nicht nur die Form der Erregung als eines ganzen Niveaus, sondern auch seine Größe und Lokalisation bestimmt. Der Herausdifferenzierung einer Einzelvorstellung in dem Ganzen der Sphäre des Beziehungsaktes, die das Reproduktionsmotiv für den weiteren Ablauf bildet[1]), entspricht die Konzentration der entsprechenden physiologischen Erregung des Erregungsniveaus auf den Herd der Motivgrundlage (*Mg*). Wie gesagt, fassen wir die Faktoren, die eine solche Differenzierung bedingten, unter dem Namen der Elektionstendenz, welche von dem Reproduktionsmotiv ausgeht, zusammen. (Dahin fallen auch alle Determinationen durch die Aufgabe, durch das allgemeine Wissen u. dgl. m.) Mit der Herausdifferenzierung der *Mg* wird auch die *Rgr* für die neue Vorstellung herausdifferenziert. Der Grad dieser Bildung einer selbständigen *Rgr* ist bestimmt durch die Form der gegenseitigen funktionellen Abhängigkeit zwischen beiden Grundlagen (*Mg* und *Rg*), welche wir die Reproduktionstendenz (*Rpt*) nennen. Diese funktionelle Abhängigkeit zwischen *Rg* und *Mg* besteht aber schon vor der relativen Heraussonderung aus dem Gesamtniveau und drückt sich aus in der Einheitswirkung des ganzen Niveaus. Und da der Herd für die *Rg* sich primär innerhalb dieses Niveaus befindet, so ist die Reproduktion der Vorstellung nicht durch die Existenz einer erst später entstehenden Reproduktionstendenz eingeleitet, sondern ist ermöglicht schon durch die primäre Tatsache, daß die Erregung jeder *Mgr* nicht anders geschehen kann als in der Form eines Gesamtniveaus. Zwischen beiden Grundlagen vermittelt somit zuerst nicht eine Assoziation, sondern dieses gemeinsame Niveau, in dem sie vorläufig als relativ unselbständige Momente enthalten sind. Eine nähere Bestimmung dieser Vermittelung ist gegeben durch das sich bildende Erregungsrelief des momentanen Niveaus. In diesem sind zu unterscheiden die relativ herausdifferenzierten Vorstellungsgrundlagen *a b*, die in funktionalem Zusammenhang entweder mit *Rg* oder *Mg* stehen, und Residuen *c*, die mit beiden Grundlagen gleichzeitig verbunden sind. Im psychologischen Aspekt repräsentieren die letzteren die Durchgangsvorstellungen, die ersteren Nebenbedeutungen, welche aus der momentanen Erlebnissphäre sich relativ

1) Der Prozeß der Herausdifferenzierung der *Rm* ist identisch mit der *Rpd* der Vorstellung. Der *Rpd*-Ablauf wird sich somit in der Form einer Verkettung einer Menge von solchen Schemen darstellen lassen.

herausheben. Die Bildung der getrennten Grundlagen für die Einzelvorstellungen in dem momentanen Gesamtrelief ist der physiologische Ausdruck für die Wirksamkeit der Perseverationstendenz, die der Reproduktionsgrundlage innewohnt. Bei genügender Stärke dieser Tendenz tritt die selbständige Vorstellung (V) auf. Im Bewußtsein spielt sich dieser Prozeß der sog. Reproduktion, der in Wirklichkeit bloß den Abschluß eines umfassenderen Differenzierungsprozesses bildet, ab, in der Form der Vermittelung durch das Wissen um die obwaltende Beziehung, das Regelbewußtsein, Richtungsbewußtsein, Sphärenbewußtsein u. dgl. deskriptive Motive mehr je nach dem Grad der momentanen Herausdifferenzierung der Grundlagen.

Ist das Reproduktionsmotiv nicht genügend herausdifferenziert, so daß der Bewußtseinsbestand bloß eine allgemein angedeutete Erlebnissphäre (*Erl.-sph*) darstellt, so sprechen wir im uneigentlichen Wortgebrauch von einer unvermittelten Reproduktion oder einer frei steigenden Vorstellung. Tatsächlich findet aber ein ähnlicher Prozeß der Herausdifferenzierung wie in der sog. vermittelten Reproduktion statt, nur mit dem Unterschied, daß die Motivgrundlage nicht genügend verselbständigt wird. Ist der Prozeß der Vermittelung im Bewußtsein zu verfolgen, so ist die Rede von der Reproduktion auf Grund des sog. logischen Gedächtnisses oder des Beziehungsbewußtseins. Wird aber der Prozeß der Vermittelung infolge der starken Verselbständigung der Grundlagen und der schnellen Überleitung der Erregung automatisch, so ist bei derselben Form des Reproduktionsprozesses die Rede von einer assoziativen Reproduktion. In unserem Schema können wir daher die Verbindung zwischen der Rg und Mg, insofern sie schon herausdifferenziert sind, als Assoziation (*Ass*) bezeichnen, den entsprechenden primären phänomenologischen Tatbestand als Beziehungsbewußtsein. Im logisierenden Sprachgebrauch wird als Beziehung bloß eine Verbindung zwischen zwei bestimmten Fundamenten bezeichnet, im psychologischen Prozeß können wir damit die Bildung einer ganzen Sphäre umschreiben, in der die Möglichkeit für die Fundamentierung der kategorialen Beziehung neben einigen konkretisierenden Bestandteilen gegeben ist. Bezeichnen wir den primären Bindungsprozeß als eine Produktion und die Herausdifferenzierung als Reproduktion, so kann der uns interessierende psychische Verlauf auch so beschrieben werden: Eine Produktion macht die Reproduktion möglich, indem sie das Stadium des Totalniveaus schafft. Die Reproduktion bildet aber ihrerseits die Grundlage für Entstehung der »logischen« Determination, indem durch die Reproduktion Fundamente für die kategorialen Beziehungen geschaffen werden. Das primäre

Beziehungsbewußtsein, das der primären Bindung entspricht, hat zuerst keinen kategorialen Ausdruck, wie das auch die Untersuchung der phänomenologischen Genese der Beziehungsformen gezeitigt hat. Und da dieses primäre Beziehungsbewußtsein im Bewußtsein die Bildung eines Gesamtniveaus repräsentiert, in dem sich die Assoziation nach dem Grade der Herausdifferenzierung der Einzelerregungen bildet, so können wir sagen, nicht das Beziehungsbewußtsein geht auf die Assoziation zurück, sondern umgekehrt die Assoziation bildet bloß ein Derivat und eine Abbreviatur des Beziehungsbewußtseins in seinem physiologischen Korrelat. Dasselbe Verhältnis wird sich übrigens auch in der abschließenden rein psychologischen Betrachtung des Wesens der psychischen »Verbindungen« als Organisationen zeigen.

Untersuchungen über die Funktionen des Denkens und des Gedächtnisses.

IV.

Assoziation und Organisation.

Zur Einleitung in eine Strukturlehre des Bewußtseins.

Von

Dr. A. A. Grünbaum

Privatdoz. der exp. Psychol. an der mediz. Fakultät der Universität Amsterdam.

Inhalt.

I. Kritik der Assoziationstheorie als Strukturlehre des Bewußtseins.

1. Wie frühere Untersuchungen uns gelehrt haben, darf der Begriff der Assoziation nur angewandt werden auf Verbindung gegenständlich abgegrenzter Inhalte und nur dann, wenn diese Verbindung durch eine raumzeitliche, d. h. physikalisch-objektive Kontinuität bedingt ist. Da eine objektive Kontinuität wiederum nur eine ebenso objektive Verbindung zu begründen vermag, so ist mit der Auf-

deckung der physikalischen Grundkontinuität keinesfalls der unmittelbar bewußte Zusammenhang oder die bewußt gegebene Ineinanderfügung begründet. Da aber die objektive Kontinuität zweier Vorstellungsgrundlagen durch die anatomischen Verbindungsbahnen dargestellt wird, so könnte man versuchen, wenigstens den objektiven Übergang von einer Vorstellung zu einer anderen, von ihr abgegrenzten Vorstellung auf diese objektive Grundlage zurückzuführen. Man würde somit nur eine objektive, realen Charakter tragende psychologische Kontinuität mit einer physiologischen Kontinuität parallelisieren. Doch auch diese Parallelisierung kann nur in einem sehr beschränkten Maße eingehalten werden. Denn mit der Kontinuität zweier Erregungen ist keinesfalls immer eine objektive Kontinuität zweier entsprechenden Bewußtseinsinhalte gegeben: Erstens entspricht einer Erregung nicht immer ein Bewußtseinsinhalt (die Tatsache der Schwelle). Zweitens können unter Umständen zwei nacheinander folgende Erregungen bloß zu einem einzigen Bewußtseinsinhalt führen (Tatsache der Summation). Drittens führen die Erregungen zweier normaliter getrennter Regionen nicht immer zu abgegrenzten Bewußtseinsinhalten (Tatsache der Verschmelzung und auch der Synästhesien).

Das objektive Nebeneinander darf somit nicht für das Nebeneinander im Bewußtsein eingesetzt werden. Das erste trägt einen indifferenten Charakter und ist nur durch die räumliche Kontinuität und die Nichtumkehrbarkeit der Zeitfolge beschränkt. Der Charakter dieses Nebeneinander bleibt sich immer gleich und wird durch die Inhalte nicht modifiziert. Das Nebeneinander im Bewußtsein ist aber in diesem Sinne gar nicht vorhanden.

Da die schematische Einheitlichkeit des Ichs konkret immer durch eine materielle Einheit der momentanen psychischen Komplexe repräsentiert ist, so tritt auch bei einer formellen Ähnlichkeit dieser Komplexe eine Verschiedenheit ihrer inneren Gliederung hervor, entsprechend der verschiedenen Differenzierung der zusammengehaltenen Inhalte. Diese Inhalte sind sozusagen nicht in einer Linie eingeordnet, sondern sie zeigen sogar bei zeitlicher Trennung ein eigentümliches, immer anders geartetes Durchdringen. Kein psychisches Nebeneinander ist daher dem anderen gleich. Diese Verschiedenheit betrifft somit nicht nur die Verschiedenheit der Inhalte, sondern auch den inneren Charakter des Nebeneinander, welches selbst jedesmal verschieden nuanciert ist. Diese individuelle Eigenart des psychischen Nebeneinander ist neben den Inhalten gegeben und daher ein selbständiger Faktor der Bindung und der Reproduktion der Inhalte, die in

dieser Einheit gegeben sind. Die Assoziationspsychologie überträgt den indifferenten Charakter des objektiven Nebeneinander in die objektiv psychische Sphäre und übersieht den eigentlichen Faktor der Wirksamkeit. Sie sieht dagegen schon eine psychische Wirksamkeit dort, wo nur eine objektive physikalisch-physiologische Möglichkeit einer solchen vorliegt.

Die konsequente Assoziationspsychologie bleibt aber eigentlich nicht bei dieser unerlaubten Zurückführung des psychologisch-objektiven Nebeneinander auf das physikalisch-physiologische. Sie geht noch weiter und setzt die objektive Kontinuität der physiologischen Grundlagen auch an die Stelle der subjektiven, bewußten Kontinuität oder der Ineinanderfügung, welche den psychischen Verlauf überhaupt und besonders die psychischen Komplexe charakterisiert. Man vergegenwärtige sich dagegen, daß nicht einmal die objektive Kontinuität der Bewußtseinsinhalte das Bewußtsein der spezifischen Kontinuität erklären kann, da in den einzelnen Inhalten, die aufeinander kontinuierlich folgen oder gleichzeitig gegeben sind, keinesfalls das Differential der bewußten Kontinuität enthalten ist. Von der psychischen Empirie ausgehend, müssen wir daher sagen, daß nicht die einzelnen psychischen Inhalte zu der bewußten Kontinuität zusammenschmelzen, was schlechterdings »unverständlich« ist, da in den Inhalten dazu kein Anlaß vorliegt. Sondern umgekehrt, wo die einzelnen Inhalte in einer objektiven Aufeinanderfolge auftreten, dort muß das Bewußtsein der Ineinanderfügung irgendwie zurückgedrängt sein[1]).

In dieser Betrachtung erscheint der Versuch, die Assoziationstheorie als Theorie des Bewußtseins zu verwenden, wie eine doppelte Überschreitung der Empirie: einmal beim Übergang von der Kontinuität der physikalischen Grundlagen zu der objektiven Kontinuität der psychischen Inhalte, das zweite Mal beim Übergang von dieser letzteren zu dem Bewußtsein der Kontinuität, das als eine primäre psychologische Tatsache angesehen werden muß.

Außer diesen allgemeinen Gesichtspunkten sei bei der Bewertung der Assoziationslehre als der Theorie des Bewußtseins noch in Betracht gezogen, daß von einer Assoziation sensu strictiori nur dann gesprochen werden kann, wenn die einmal isolierten und dann erst mit-

1) Daß wir in der Analyse oder in der Darstellung des psychischen Ablaufes nach außen getrennte, aufeinander folgende Inhalte in Menge antreffen, besagt nichts gegen unsere Behauptung, daß sie keine primären Elemente, sondern bloße Derivate des psychischen Ablaufes darstellen. Denn jede Darstellung und jede Analyse sind nur möglich im Schema der raumzeitlichen Objektivität.

einander verbundenen Inhalte als gegenseitig selbständige und zwar gleichartige modale Charakteristiken gegeben sind oder objektiv als solche angesehen werden können. Zwei im Bewußtsein auftretende Vorstellungen, etwa einer weißen Kugel und eines schwarzen Oktaeders, bilden gegenseitig unabhängige Bewußtseinsinhalte, da der eine auftreten kann, ohne daß der andere unbedingt mitgegeben ist. Sie sind objektiv getrennt und haben dieselbe Art der psychischen Existenz, nämlich ein inhaltlich gegenständliches Sein. Sie können daher auch miteinander assoziiert werden, denn ihre Verbindung kann adäquat durch das raumzeitliche Schema gefaßt werden. Zwei auf gleicher Stufe der Modalität stehende unselbständige Momente können auch noch vielleicht eine Assoziation eingehen: das Weiß der Kugel kann mit dem Schwarz des Oktaeders eine Assoziation bilden, obgleich man schon hier in der Assoziationstheorie nicht ohne selbständige Repräsentationen in den Wortvorstellungen auskommen wird. Die Farbe aber z. B. und die ihr zugehörige Ausdehnung als psychische Inhalte werden aber miteinander nicht in der Form einer Assoziation verbunden, denn die Farbe kann nie unabhängig von irgendwelcher Ausdehnung anschaulich vorgestellt werden, etwa so wie der optische Eindruck der Farbe unabhängig von ihrem Namen. Mit anderen Worten, die Form der Verbindung der Farbe und der Ausdehnung als psychischer Inhalte ist nicht eine Assoziation, da sie nie voneinander dissoziiert werden können, etwa so wie zwei Inhalte, die durch raumzeitliches Schema getrennt und verbunden werden[1]). Daher reproduziert auch nicht die Vorstellung der Farbe eine solche der betreffenden Ausdehnung, sondern beide bilden eine gegenständliche Struktur, die einheitlich reproduziert wird. Bei der Vorstellung der Farbe ist die Ausdehnung schon mitgegeben, die ganze Struktureinheit ist schon mit diesem einen Moment mitgegeben.

2. Ähnlich liegt der Fall auch bei der Verbindung der Fundamente in einem Beziehungsbewußtsein. Bei den konkreten Formen des Beziehungsbewußtseins ist dasselbe an die Fundamente derart gebunden, daß sie zusammen eine einheitliche Bewußtseinsstruktur bilden, ohne daß die Möglichkeit gegeben ist, das konkrete Beziehungsbewußtsein unabhängig von der Intendierung der Fundamente zu erleben. Die kategorialen Formen treten zwar einmal mit diesen, einmal mit anderen Fundamenten vereinigt auf, doch sind sie im tatsächlichen Erlebnis gerade dadurch wesentlich auch an inhaltliche Funda-

1) Vgl. dazu ähnliche Ausführungen C. Stumpfs, Tonpsychologie. Bd. I. S. 92f., Anm. Über den psychologischen Ursprung der Raumvorstellungen S. 49.

mentierung gebunden, ähnlich wie die Vorstellung Farbe an die betreffende Repräsentation der Ausdehnung.

Beim bloßen Verständnis z. B. des Wortes Gleichheit liegt zwar ein spezifischer Akt vor, der an keine Fundamentierung im obigen Sinne gebunden ist, dieser Akt ist aber kein Beziehen und kein Bewußtsein der bestehenden Beziehung. Dieser Fall kann daher nicht als eine Gegeninstanz gegen unsere Lehre von wesentlicher Verwebung des Beziehungsbewußtseins mit der Fundamentierung herangeholt werden. Die Beziehungserlebnisse, in welchen infolge ihrer Undifferenziertheit die inhaltliche Repräsentation der Fundamente momentan nicht ausgesprochen zum Bewußtsein kommt, können auch nicht als fundamentlos angesehen werden. Denn bei der weiteren Entwicklung und Differenzierung des Beziehungsgedankens kommt seine Bindung an die oder jene Fundamente deutlich zum Bewußtsein. Die früher anscheinend nicht erlebten Fundamente werden nachträglich so sicher und gegenständlich getreu bestimmt, daß kein Zweifel an der ursprünglichen Fundamentierungsstruktur des Beziehungserlebnisses möglich ist. Sogar bei der Erfassung der wahrnehmungsmäßig vermittelten Beziehung der Gleichheit kommt es oft vor, daß an dem Wahrnehmungsbild die bestehende Beziehung gesetzt wird, wobei die Bestimmung der Fundamente — die Herausdifferenzierung der als gleich erkannten Elemente der Bildung — nur nachträglich stattfindet[1]). Ebenso finden solche Rückbestimmungen der Fundamente an einer konkreten Beziehungssetzung statt in den Zusammenhängen der komplizierten Denkprozesse, wie eine (noch nicht publizierte) Untersuchung von Olga Marum über »Formulierung des Gedachten« nachweisen soll.

Die Beziehung und ihre Fundamente, als nachweisbare Momente eines Beziehungserlebnisses, sind somit auch in diesen Fällen keine voneinander abtrennbaren selbständigen Inhalte. Der Versuch, das Assoziationsschema auf die psychische Verbindung zwischen der Beziehung und ihren Fundamenten anzuwenden, muß daher aus prinzipiellen Überlegungen abgelehnt werden. Die Tatsachen der reproduktiven Wirksamkeit des Beziehungsbewußtseins bedeuten noch nicht, daß diese Wirksamkeit Folge einer Assoziation ist.

3. Zwecks Erhärtung dieser Betrachtungsweise des Beziehungsbewußtseins lasse ich eine Prüfung der Argumente von Michotte und Rancy folgen, die eine klare Theorie des Beziehungsbewußtseins

1) Siehe: Über Abstraktion der Gleichheit. Arch. für die ges. Psychol. Bd. XII, bes. S. 443ff.

als eines assoziativen Vermittlers zwischen den Fundamenten folgerichtig durchgeführt haben. Michotte und Rancy finden, daß das Vorhandensein des Beziehungsbewußtseins in einem Reproduktionsprozeß kaum in hohem Maße das Auffinden des zweiten Fundaments begünstige. Die Beziehung spielt somit eine große Rolle bei der Reproduktion und muß daher als ein vom Reizwort reproduzierter Inhalt betrachtet werden, der mit demselben zusammen auf das Erscheinen des Reizwortes einwirkt (a. a. O. S. 23)[1]). Zu dieser Ausführung ist zu bemerken, daß die Folgerung der Autoren nur dann zwingend ist, wenn es vorher nachgewiesen ist, daß die Verbesserung der Leistung ausschließlich durch assoziative Hilfen verursacht werden kann. Wenn nur eine Art von Hilfen die Reproduktionsleistung verbessert, so bedeutet eine Verbesserung im Falle des Beziehungsbewußtseins das Vorhandensein einer solchen charakteristischen Hilfe. Aber dieses »nur« ist eine weiter nicht bewiesene Voraussetzung der Autoren, sie sollte gerade bewiesen werden, so daß in dem Argument von Michotte und Rancy ein übrigens bei der Assoziationspsychologie häufiger Zirkel vorliegt.

a) In einer gewissen Anzahl der Versuche fanden Michotte und Rancy, daß die eindeutigen Relationen wie Kausalität, Finalität in ihrer Anwendung auf die Fundamente während der Reproduktion umgekehrt angewandt werden: was als Folge gelten soll, schien in der Reproduktion zuerst Grund zu sein usw. Die Autoren denken, diese Fälle könnte man nicht erklären, falls das Bewußtsein der Relation sich unter dem Einfluß der beiden Fundamente entwickeln sollte: denn in diesem Falle müßte doch die Anwendung der Beziehung korrekt geschehen (S. 24). Nehmen wir mit den Autoren an, daß bei der Reproduktion die auftauchende Beziehung nicht unbedingt durch Repräsentation beider Fundamente ins Bewußtsein gerufen wird, sondern, daß dazu manchmal bloß das eine Fundament genügt. Aus dieser Annahme folgt aber meines Erachtens nicht, daß bei der Entwicklung des Beziehungsbewußtseins unter dem Einflusse des einen Fundaments eine assoziativ bedingte Reproduktionstendenz vorliegt, die von diesem Fundament ausgeht. War einmal das Beziehungsganze gestiftet, so hat das Fundament neben seiner unabhängigen inhaltlichen Charakterisierung noch eine Akzentuierung bekommen, die das Fundament als zu diesem Beziehungsganzen gehörenden stempelt. Dieser Akzent haftet dem Inhalt wie eine momentane Bedeutungs-

1) Siehe über die Versuchsanordnung von M. und R. Arch. f. ges. Psych. Bd. XXXVI, S. 427 Anm.

sphäre oder Färbung an und wird mit ihm, eigentlich an ihm, reproduziert. Das Auftreten des Beziehungsbewußtseins ist durch die Differenzierung oder die relative Verselbständigung dieser dem Inhalte anhaftenden Sphäre bedingt. Es wird nicht etwas zu dem Inhalt hinzureproduziert, sondern ein ihm schon anhaftendes Moment durch ausdrückliches Betonen nur ausgesondert. Das was ausgesondert wird, »die Beziehung«, ist nicht ein neben dem Fundament existierender selbständiger Inhalt, sondern bloß seine durch die frühere konkrete Beziehung bedingte Erlebnisweise. Daß diese Erlebnisweise auch das Zeichen des zweiten Fundaments trägt, ist selbstverständlich, da alles einen Komplex bildete. Das vom ersten Fundament ausgesonderte Moment ist somit von beiden Fundamenten aus konkretisiert und trägt daher in sich auch die Charakteristik des zweiten Terminus. Eben durch diese zweiseitige Bestimmung wird die von Michotte und Rancy beobachtete Umkehrung der Beziehung bedingt. Von dem ersten Fundament löst sich sozusagen seine Erlebnisweise heraus, die zugleich die Erlebnisweise des zweiten Fundamentes ist und darum nicht immer vollkommen eindeutig auf das erste Fundament hinweist. Bei der reproduktiven Verselbständigung dieser gemeinsamen Erlebnisweise kann daher das Moment, welches einem Fundament zugekehrt ist, dem anderen zugesprochen werden. Die Behauptung Michotte und Rancys, daß die Anwendung der Beziehung korrekt sein müsse, wenn ihr Bewußtsein unter dem Einflusse beider Fundamente entstünde, muß daher in sein Gegenteil umgeändert werden. Sie hätten vielleicht recht, wenn das zweite Fundament bei der Entstehung des Beziehungsbewußtseins als ein fertiger, selbständiger, aber noch nicht ganz präsenter Inhalt wirksam wäre. Diese inhaltliche Gegebenheit des zweiten Fundaments ist aber empirisch genommen nicht das reproduzierende Moment für das Beziehungsbewußtsein, sondern umgekehrt sein Reproduktionseffekt: Nur aus dem Ganzen der Erlebnisweise, die mit der Reproduktion des ersten Fundamentes gegeben ist, entwickelt sich das zweite Fundament.

b) Nach dem Erscheinen der Beziehung, führen Michotte und Rancy aus, wird das Reaktionswort manchmal entweder nicht reproduziert oder nicht wiedererkannt. Wenn daher das Reaktionswort bei der Reproduktion der Beziehung auf eine dunkle Art im Bewußtsein gegeben wäre, und dazu gedient hätte, die Beziehung zu bilden, so könnte es nicht im Moment seines Erscheinens den Charakter des Neugekommenen haben (S. 24). Nehmen wir vorläufig mit den Autoren an, daß eine dunkle Art der Gegebenheit im Bewußtsein die Über-

raschung oder die Inkongruenz zwischen der subjektiven Beurteilung und dem objektiven Tatbestand der Reproduktion ausschließt. Was beweist dann die angeführte Tatsache? Doch nur die Nichtwirksamkeit des zweiten Fundamentes als eines isolierten Inhaltes bei der Reproduktion der Beziehung. Damit ist aber noch nicht gesagt, daß das zweite Fundament in seiner Zugehörigkeit zum konkreten Beziehungserlebnis nicht als irgendeine Bestimmung bei der reproduktiven Formation der Beziehung wirksam war. Die obige Annahme ist außerdem noch anfechtbar. Es ist doch sehr wahrscheinlich, daß eine und dieselbe undeutliche, undifferenzierte Gegebenheit im gleichen Maße manchen Inhalten zugleich entspricht, bei einer solchen Repräsentation wird wohl die Überraschung oder der sichere Neuheitseindruck bei vollkommener Reproduktion des Inhaltes in dem vorhergehenden Erlebnis begründet sein. Das wird besonders der Fall sein, wenn die Vp. sich bei dem Besinnen auf das Reaktionswort zuerst in einer entlegenen Sphäre bewegt.

Alles zusammengefaßt, müssen wir den Schluß ziehen, daß der Beweis für den assoziativen Charakter der Beziehung in diesen zwei Fällen nicht erbracht ist. Aber wir gehen noch weiter. Nimmt man an, daß die Beziehung ein drittes Glied in der Assoziation mit zwei Fundamenten ist, so ist es nicht erklärlich, warum dieses Glied gerade zu einem Zwischenglied der Reproduktion werden muß. Bei der Einprägung haben wir doch die Folge: das erste, dann das zweite Fundament und erst dann die Beziehung. Wie kommt es dazu, daß, obgleich die Aufgabe sich in erster Linie auf die Reproduktion des zweiten Fundamentes richtet, die Beziehung nicht nur die Assoziationsfolge, sondern auch noch die Aufgabenwirksamkeit durchbricht und sofort nach dem ersten Fundament ins Bewußtsein tritt? Auf diese Frage wird die assoziative Auffassung des Beziehungsbewußtseins schwerlich eine Antwort geben können. Die sog. initiale Reproduktionstendenz, derzufolge bei Gegebenheit eines Zwischengliedes die Neigung vorliegt, nicht das nächste Glied, sondern die Reihe von Anfang an zu reproduzieren, kann man in unserem Falle nicht anführen; denn bei der Einprägung in der Reihenfolge 1, 2, 3 (Fundament, Fundament, Beziehung), nach der Darbietung 2 nicht die Reihenfolge 1, 2, sondern eben 3, 1 reproduziert wird, bei der Darbietung 1 die Folge 3, 2 und nicht 2, 3 stattfindet.

Indessen von unserem Standpunkt ist das Auftreten des Beziehungsbewußtseins in der Reproduktion vor dem zweiten Fundament nichts anderes als eben die typische Form des Reproduktionsprozesses, der nicht auf einer assoziativen Reihenfolge der Inhalte

beruht, sondern auf der Herauslösung der Momente aus dem Ganzen der konkreten Beziehung, das im Erlebnis eine determinierende Rolle spielt. Wird zwischen zwei Fundamenten eine Beziehung gestiftet und gehen sie tatsächlich in diese Beziehung ein, so ist schon bei dem Einprägungsversuch das Beziehungsbewußtsein nicht ein selbständiges Moment in der Assoziation dreier Inhalte, sondern die Abbreviatur des ganzen konkreten Erlebnisses in der nicht inhaltlich und trotzdem individuell bestimmten Erlebnisweise[1]). Die Akzentuierung dieser das Ganze repräsentierenden Erlebnisweise ist bei weitem bedeutsamer und eindrucksvoller als die Bestimmung der Inhalte, die das Beziehungsganze bloß fundamentieren, nicht aber dirigieren. Das erste Fundament bekommt durch das Beziehungsganze einen Akzent, der bloß einen Hinweis auf die aktive Bedeutung des Ganzen darstellt. Das Fortschreiten von den weniger zu den mehr akzentuierten Präsentationen des Ganzen ist die eigentliche Form der Reproduktion der psychischen Einheiten, die wir im letzten Kapitel als den Organisationscharakter dieser Einheiten charakterisieren werden. Diese Richtung der Reproduktion, sowie die Bevorzugung der Reproduktionswege, die mit der Aktivität verbunden sind, führen zu der Herauslösung des Beziehungsbewußtseins vor dem zweiten Fundament. Schreitet der Erinnerungsprozeß weiter, so erscheint auch das zweite Fundament im Bewußtsein, tritt aber wieder nicht als einfaches Glied einer assoziativen Kette auf, sondern als eine inhaltliche Ausfüllung der schon individuell bestimmten Erlebnisweise des Beziehungsganzen. Nur diese inhaltliche Verselbständigung des zweiten Fundamentes kann von der mechanischen Assoziation zwischen beiden Fundamenten unterstützt werden. (Die Art dieser Unterstützung und das psychophysiologische Schema für den Reproduktionsvorgang habe ich in voriger Abhandlung besprochen.)

Im gewissen Sinne nähern sich auch Michotte und Rancy meiner Auffassung, sobald sie das Eigentümliche der beobachteten Tatsachen ziemlich voraussetzungslos zu beschreiben versuchen: »Die Beziehung bildet im Moment ihrer Produktion mit den Fundamenten eine Komplexion höherer Ordnung, wobei die Fundamente und die Beziehung miteinander intim verbunden werden. Vom Standpunkt der rein assoziativen Gesetze müssen deswegen die Reproduktionstendenzen, die beide Fundamente unter sich und mit der Relation verbinden, besonders energisch sein. Die Elemente sind verbunden wie Teile

1) Vgl. ähnliche Auffassung bei H. Gomperz, Weltanschauungslehre. Bd. I. S. 207 ff.

desselben Ganzen, und wenn das Reizwort und die Beziehung gegeben sind, bilden sie nicht nur eine assoziative Konstellation, sondern sie präsentieren für die Vp. den größten Teil einer Komplexion, deren fehlender Teil gefunden werden muß. Dieser größte Teil des Ganzen wird daher als qualitative Determination, als eine logische Vorwegnahme des Reaktionswortes bezeichnet (S. 26f).

Diese interessante Tatsache wird aber von den Autoren nicht weiter verfolgt. Das ist eigentlich sehr charakteristisch für die Theorie, mit welcher sie von vornherein arbeiten. Denn das Assoziationsschema kann tatsächlich nichts anfangen mit dieser Vorwegnahme des zu reproduzierenden Inhaltes, welche sich in die funktionale Verwebung der Verhaltungsweise und des Inhaltes auflösen läßt. Diese Determination durch das Beziehungsbewußtsein wird von den Autoren bei dem vorgenommenen Vergleiche des logischen und mechanischen Gedächtnisses auch ausdrücklich außer acht gelassen. Die Begründung dafür lautet: »Reproduction définie« sei weit davon entfernt, das typische Schema des logischen Reproduzierens zu bilden (S. 81). Das Vorkommen der Beziehung als Vermittler soll überhaupt seltener sein als der Gebrauch der vorstellungsmäßigen Vermittler (S. 74). Meines Erachtens klingt diese Begründung besonders befremdend angesichts des ständigen Betonens der Autoren, daß die untersuchten logischen Bedingungen bloß einen primitiven Fall darstellen. Die Autoren vermuten doch selbst, daß bei den höheren logischen Gedächtnisleistungen Faktoren wirksam werden, die bei ihren Versuchen bloß eine untergeordnete Rolle gespielt haben (S. 72). Wenn aber schon beim primitiven logischen Ganzen eine »Reproduction définie« sich geltend macht, welche durch das Assoziationsschema nicht erschöpft wird, darf dieser Fall bei dem Ausbau der Theorie, die gerade auch das Logische im Gedächtnis erfassen sollte, nicht übersehen werden.

Daß dieser Fall der »Reproduction définie« in den Versuchen von Michotte und Rancy so selten aufgetreten ist, liegt nicht etwa daran, daß es kein typisches Schema des logischen Reproduzierens bildet. Das logisch Ganze ist in den Versuchen von Michotte und Rancy keineswegs primitiv, dieses Ganze ist bloß unter Bedingungen hergestellt, die allein nur den assoziativen Ablauf hervortreten lassen. Die von Michotte und Rancy angewandten Verbindungen sind nämlich so allgemein geläufig, daß zwischen den einzelnen Gliedern in manchen Fällen sehr starke, alte Assoziationen obwalten müssen, welche den ganzen Reproduktionsversuch von vornherein beeinflussen. Zur Illustration greife ich aus dem mitgeteilten Material

einzelne Wortpaare heraus: Vater — Kind, Himmel — Stern, Hitze — Kälte, Instinkt — Vererbung, Lied — Refrain, Kanal — Navigation, Lehrer — Schüler, Kloster — Mönch, Musik — Poesie, Absinth — Kognak. Da die in diesen Verbindungen gegebenen ursprünglichen Assoziationen ziemlich stark sind, so kann schon eine einzige Darbietung bei der Einprägung genügen, um die Bereitschaft jedes einzelnen Fundaments so zu erhöhen, daß die Reaktion in der Form einer mechanischen Reproduktion geschehen kann.

Durch die Geläufigkeit der dargebotenen Verbindung der Fundamente kann nicht nur das seltene Auftreten der »Reproduction définie« erklärt werden, sondern auch die relativ geringe Zahl der eigentlichen Beziehungssetzungen bei der Einprägung. Ist die alte Assoziation zwischen den Fundamenten, d. h. die Verbindung zwischen ihnen auf Grund früherer Erfahrungen der Vp. stark genug, so werden die momentanen Einprägungsverbindungen sehr selten den Charakter einer ausgesprochenen Beziehungsstiftung haben. Man wird sich nämlich nur mit dem bequemen nicht ausgefüllten Wissen begnügen, daß es zwischen den Fundamenten eine sinnvolle Beziehung gibt. Die Beziehung wird dabei einerseits nur intendiert, andererseits bloß in der Form der allgemeinen Zugehörigkeit beider Fundamente erlebt. Die Mehrzahl der Beziehungen wird mit anderen Worten sich dem Charakter des kategorialen Meinens sehr nähern. Auf diese Weise wird das Beziehungsbewußtsein neben den Fundamenten eine mehr oder minder starke inhaltliche Abgrenzung finden und daher in einen assoziativen Prozeß eingehen können. Die Möglichkeit eines assoziativen Prozesses ist in diesem Falle somit nur dadurch gegeben, daß die Auswahl des Materials von vornherein eine starke assoziative Verbindung zwischen den Fundamenten bedingt hat. Es sei noch bemerkt, daß bei solchem Material infolge des raschen Automatismus der Reproduktion die subtile phänomenologische Charakteristik des Beziehungsbewußtseins sich nicht gut beobachten lassen wird.

Michotte und Rancy nehmen folgende Assoziationen an, die die korrekte Reproduktion sichern, falls die Beziehung schon während der Einprägung aufgetreten ist. Das Auftreten des Vermittlers, d. h. der Beziehung bei dem Reproduktionsversuch wird bedingt durch: 1) eine ursprüngliche Assoziation dieses Vermittlers mit dem Fundament; 2) eine simultane Assoziation mit dem Fundament, die bei der Einprägung geschaffen ist. Nachdem der Vermittler reproduziert ist, wird das Erscheinen des zweiten Fundamentes gesichert durch 3) die in der Einprägung geschaffene Assoziation dieses Fundamentes mit dem ersten; 4) die ursprüngliche Assoziation des zweiten Funda-

mentes mit dem Vermittler; 5) seine simultane Assoziation mit dem Vermittler und 6) eine eventuelle ursprüngliche Assoziation zwischen beiden Fundamenten. Von den ursprünglichen Assoziationen kommen nicht die stärksten zur Geltung, sondern die, welche mit der Einprägungsassoziation in einer Richtung liegen. Die Einprägung verursacht somit eine Auswahl unter verschiedenen Assoziationsrichtungen. Da nach der Annahme der Autoren die ursprünglichen Assoziationen nur sehr schwache Energie besitzen, müssen die Einprägungsassoziationen besonders stark sein, um den Gebrauch der ursprünglichen zu ermöglichen. Da aber bei einer einzigen Darbietung allein sehr schwache Assoziationen gesichert werden, so muß in diesem Falle noch ein Faktor wirksam sein, der als assoziative Wahlverwandtschaft bezeichnet wird. Diese »affinité élective« ist nichts anderes als die spezifische Energie der Assoziationen, welche unter bestimmten Inhalten (die dem Sinne nach zueinander gehören) gestiftet sind. Unter diesem Faktor fassen die Autoren, wie es scheint, zwei Sachverhalte zusammen, die vom assoziationspsychologischen Standpunkt auseinander gehalten werden können, nämlich: a) eine höhere Bereitschaft einzelner als Assoziationsglieder festzuhaltender Inhalte gegenüber anderen und b) eine stärkere Reproduktionstendenz, die einzelnen Inhalten als solchen im Vergleich zu anderen anhaftet. Eine assoziative Wahlverwandtschaft scheint nach den Autoren gerade zwischen den einzelnen Fundamenten und der Beziehung zu bestehen. Wenn also zwei Fundamente sich miteinander sehr schwach assoziieren, kann sich zwischen ihnen ein Vermittler einschieben, der mit jedem einzelnen von ihnen eine Affinität besitzt und somit eine bedeutende Hilfe für die Reproduktion schafft.

Bei allen diesen Vorzügen der Reproduktion durch die Beziehungen glauben die Autoren durch die Analyse der Assoziationen nachgewiesen zu haben, daß das logische Gedächtnis von dem mechanischen prinzipiell nicht verschieden ist. Denn in beiden Fällen glauben sie dieselben Assoziationsmechanismen aufgedeckt zu haben, falls man von der Reproduction définie absieht. Die methodologische Berechtigung einer solchen Vernachlässigung scheint mir aber, wie oben ausgeführt, in keiner Weise vorhanden zu sein.

Aber sehen wir schließlich von dieser Abrundung der Theorie durch eine Vernachlässigung der Tatsachen, die man selbst hervorgehoben hat, ab. Fragen wir uns vielmehr, unter welchen konkreten Bedingungen können die von den Autoren postulierten Assoziationen gestiftet werden? Da ist zuerst die ursprüngliche Assoziation des Beziehungsbewußtseins mit dem Fundament. Falls das Beziehungs-

bewußtsein wie ein selbständiger Inhalt in der Assoziationskette wirksam ist, bei welchen psychischen Situationen kann dann eine eigentliche Assoziation zwischen der Beziehung und dem Fundament geschaffen werden? Da die Beziehung sich mindestens auf zwei Fundamente aufbauen muß, so wird neben der Assoziation zwischen der Beziehung und dem Fundament auch eine entsprechende Assoziation zwischen den beiden Fundamenten selbst geschaffen werden. Nun nehmen aber die Autoren an, daß diese letzte Assoziation sehr schwach ist, weil die Fundamente miteinander in der früheren Erfahrung nicht verbunden waren. Wann soll dann die Assoziation zwischen der Beziehung und dem Fundament zustande kommen? Speziell im Falle des kategorialen Bewußtseins wird man, glaube ich, schwerlich ein ursprüngliches Erlebnis nachweisen können, bei dem die gedachte Bedeutung der Gleichheit oder der zeitlichen Sukzession z. B. mit einem selbständigen Vorstellungsinhalt wie Lampe, Gas oder Tugend im Bewußtsein nebeneinander gegeben ist. Falls ein isoliertes kategoriales Beziehungsbewußtsein zu einem wirksamen Assoziationsglied werden könnte, so dürfte man auch annehmen, daß diese Rolle des wirksamen Zwischengliedes auch irgendeine gerade präsente, momentan nicht anwendbare Beziehung übernehmen könnte, da bei einer solchen assoziativen Auffassung des Beziehungsbewußtseins der Sinn der gestifteten Relation (der eigentlich den Nervus vivendi der ganzen Stiftung bildet) vollkommen irrelevant ist. Er wird bei dieser Auffassung höchstens ein aus der Assoziation abgeleitetes Moment bilden. Doch wird niemand ernst behaupten wollen, daß beliebige Kategorien in einem bestimmten Beziehungszusammenhang die assoziationsstiftende Rolle übernehmen können, abgesehen davon, daß solche nicht gültige Beziehungen das Bewußtsein in der Tat nie belästigen. Versteht man dagegen unter der primären Assoziation zwischen Beziehungsbewußtsein und Fundament das sinnvolle Gebundensein beider in einem vollgültigen Beziehungsbewußtsein, so hat man nicht das Beziehungsganze auf die Assoziation zurückgeführt, sondern umgekehrt zur Voraussetzung der Assoziation die Wirksamkeit des Beziehungsganzen gemacht. Wir haben daher ein gewisses Recht, die »Reproduction définie« tatsächlich als einen typischen Fall der Beziehungswirksamkeit zu betrachten.

Auch bei den konkreten Beziehungserlebnissen läßt sich schwer von einer ursprünglichen Assoziation zwischen den Fundamenten und der Beziehung sprechen. Diese Beziehung entsteht ja nur dann, wenn beide Fundamente aufeinander bezogen werden, und ist je nach den momentanen Zielen immer etwas Neues und Ursprüngliches.

Für das Zustandekommen der ursprünglichen Assoziation zwischen den Fundamenten und dem konkreten Beziehungsbewußtsein müßten übrigens die Fundamente öfter in dieser konkreten Weise verbunden sein. Das kann aber im Sinne der Autoren nicht der Fall sein, da nach ihrer Voraussetzung die ursprüngliche Assoziation zwischen den Fundamenten nur selten vorhanden ist und sehr schwach werden muß. Sie teilen auch nie mit, daß die Vp. bei der Stiftung der Beziehung sich derselben Verbindung aus früherer Erfahrung je erinnert haben.

Als zweite wirksame Verbindung wird eine simultane (bei der Einprägung geschaffene) Assoziation der Beziehung mit dem Fundament aufgestellt. Tatsache ist, daß beide Fundamente in der Einprägung durch den bewußten Beziehungsakt in eine eigentümliche Einheit eingehen, die in der Natur der Fundamente wie in der Natur des Beziehungsaktes begründet ist. Tatsache ist, daß diese bewußte Einheit von Fall zu Fall sich ändert und in dieser ihrer individuellen Gestalt uns von einem Fundament auf das andere mit gewisser Eindeutigkeit zu bringen vermag. Tatsache ist, daß diese Einheit, solange sie wirklich eine Einheit bleibt, die Fundamente irgendwie in sich enthält. Was macht aber die assoziative Auffassung aus all diesen Tatsachen? Der Beziehungsakt als solcher wird als irrelevant angesehen, denn die Assoziation wird doch nur durch das tatsächliche Nebeneinander der Inhalte geschaffen. Die eigentümliche Einheit und ihre Individualität müssen als epiphänomenale Täuschungen gelten, denn nur durch das überall gleiche Nebeneinander kann eine allgemeine Assoziationsmechanik geschaffen werden. Anstatt des (der Inhärenz ähnlichen) Verhältnisses zwischen den Fundamenten und dem Beziehungsbewußtsein wird eine reale Selbständigkeit der Beziehung proklamiert, denn sonst liegt keine eigentliche assoziative Verbindung vor. Was bedeutet dann noch für die Psychologie die Mannigfaltigkeit des psychischen Geschehens, ja das psychische Geschehen überhaupt, wenn die bewußten Tatsachen durch außerbewußte Schemata einfach ersetzt werden dürfen, von denen zu den Tatsachen absolut kein Weg führen kann? ! Aber lassen wir diese Fragen beiseite. Fragen wir bloß, wie kann eine simultane Assoziation zwischen dem Fundament und der Beziehung entstehen? Doch nur innerhalb der Beziehungssetzung selbst. Somit müssen wir, bei der reproduktiven Wirksamkeit des Beziehungsbewußtseins billigerweise dem Akt der Setzung, durch den erst die Assoziation entstehen kann, mindestens eine solche Rolle zuschreiben wie der Assoziation. Nimmt man in diesem Falle die Wirksamkeit der Wahlverwandtschaft an, so muß man doch sofort fragen, warum bildet

die Beziehung eine wirksamere Einheit mit den einfachen Inhalten als diese Inhalte untereinander? Durch welche innere Mechanismen wird es weiter verursacht, daß der Vermittler in die Assoziation einspringt, wenn sich dieselbe zu schwach erweist? Es genügt die Fragen zu stellen, um einzusehen, daß das Assoziationsschema mit seinen Ergänzungen mehr unlösbare Probleme entstehen läßt als in eine befriedigende Erklärung auflöst.

Für die Assoziationen des zweiten Fundamentes mit dem Vermittler (4 und 5) gelten dieselben Überlegungen und Fragen, da es sich um dieselbe Art der ursprünglichen und simultanen Assoziationen zwischen Vorstellungsinhalten und Beziehungsbewußtsein handelt.

Als Assoziationen müssen dagegen die Verbindungen angesehen werden, die zwischen den isolierten Inhalten auf Grund der früheren Erfahrung bestehen und bei der Darbietung im Versuch geschaffen werden, nämlich die ursprüngliche (6) und die in der Einprägung geschaffene Assoziation (3) zwischen den Fundamenten. Diese Assoziationen können aber allein den Reproduktionsprozeß nicht bewirken, denn man muß annehmen, daß die letztere Assoziation infolge der bloß einmaligen Darbietung sehr schwach ist und die erstere (bei ungeläufigen Paaren) einen ähnlichen Effekt besitzen muß. Die Rolle dieser Assoziationen in dem Reproduktionsprozeß, die nebenbei bemerkt doch auch nur innerhalb eines sinnvollen Zusammenhanges geschaffen werden, besteht darin, daß sie die Inhalte als isolierte Momente hervortreten lassen. Bei dem Übergang der Reproduktion von einem Inhalt zu dem anderen wird ihre Selbständigkeit als abgegrenzter Inhalt gewissermaßen hervorgehoben, da ihre Verbindung auch bei der Einprägung diesen Charakter trägt. Ist die inhaltliche Selbständigkeit des einen Fundaments durch die isolierte Reizwirkung in dem Trefferverfahren betont, so entwickelt sich auch das zweite Fundament in seiner inhaltlichen Selbständigkeit im Bewußtsein infolge der assoziativen Unterstützung von seiten des ersten Inhaltes. Der Assoziation, die ein Derivat des Beziehungsbewußtseins ist, kommt somit nur die Bestimmung der inhaltlichen Form zu, in der die Effekte des Reproduktionsprozesses schließlich ins Bewußtsein treten.

II. Organisationscharakter des Psychischen.

1. In der kritischen Analyse der Assoziationstheorie zeigte sich, daß der Begriff seinen Ausgangspunkt nicht von der psychischen Mannigfaltigkeit nimmt, sondern von der naturwissenschaftlichen Konstruktion des Elementes, der Synthesierung, der raumzeitlichen

Einheit, welche der psychischen Konstitution nicht gerecht werden können. Die empirische Charakteristik der psychischen Einheiten zeigt aber zuerst nichts von der raumzeitlichen Konstruktion der äußeren Realität. Raumzeitliche Bindung betrifft nicht die psychischen Elemente, sondern die relativ selbständigen physikalischen Grundlagen derselben. Die psychischen Elemente sind dagegen durch den Organisationscharakter gebunden. Darin fasse ich alle die Merkmale zusammen, welche die psychischen Einheiten von den physischen Verbindungen unterscheiden. Von der Verbindung der psychischen Elemente kann eigentlich nicht gesprochen werden, weil sie keine primäre relative Selbständigkeit besitzen können. Sie gewinnen bloß eine relative Selbständigkeit, und zwar nur in dem Maße, in dem sie aus der primären Einheit ausscheiden, d. h. insofern sie die Charakteristik dieser psychischen Einheit und damit manchmal den Charakter des Psychischen überhaupt verlieren. Hier liegt ein Vorgang, der in gewissem Maße der Ausscheidung der einzelnen Teile eines lebendigen Organismus analog ist. Auch hier wird ein Teil selbständig, indem er entweder eine neue Organisation aufweist, die eigene Teile besitzt, oder von der primären Organisation sich so weit abtrennt, daß er überhaupt jede lebendige Charakteristik verliert.

2. Wir sind somit in das Gebiet der manchmal sehr gefährlichen biologischen Analogien eingetreten, und ich möchte schon am Anfang dieser Betrachtung den Gesichtspunkt klarlegen, der solche Analogisierung rechtfertigt und zugleich in ihrer Bedeutung begrenzt. Ich will mit dieser Analogisierung nicht im geringsten eine Psychologie vertreten, die aus der Zugehörigkeit der psychischen Erscheinungen zu der großen Klasse der Lebensäußerungen überhaupt eine so weitgehende methodologische Gleichheit erschließt, daß das Spezifische der psychischen Momente, ebenso wie bei der physikalischen Kategorisierung, verloren geht. Es ist aber zweckmäßig, gegenüber dieser letzteren, noch fest wurzelnden Betrachtungsweise, an dem schon geläufigen Begriff der biologischen Organisation anknüpfend, die Eigenart des Psychischen darzutun. Denn von dieser Seite ist der grundlegende Unterschied von den raumzeitlich bedingten Verbindungen am besten zu sehen. Dabei soll aber eine weitere Anwendung der spezifisch biologischen Prinzipien auf Psychologie hier nicht stattfinden, da sie uns zu dem öfters erprobten Spiel verleiten kann, die psychologischen Tatsachen mittels einer biologisch klingenden Nomenklatur umzutaufen, hinter der aber meistens bloße unverifizierbare biologische Hypothesen stecken. Der theoretisch uns nicht bindende

Gebrauch des Organisationsbegriffs kann aber, wie weiter zu zeigen ist, zu der spezifisch psychologischen Fragestellung und Beleuchtung mancher Probleme, vor allem der Reproduktion, führen. Er wird die allgemeinste Ordnungskategorie des Psychischen darstellen, innerhalb der die eigentliche psychologische Arbeit und Analyse, Feststellung der gesetzmäßigen Zusammenhänge und die Reduktion des Einzelnen auf das Allgemeine stattfinden soll. Mit anderen Worten, mit der folgenden Aufstellung des Begriffs soll keine einzelwissenschaftliche Bestimmung innerhalb der psychologischen Verläufe präjudiziert werden. Unter diesem Vorbehalt können wir aber unter dem Begriff der Organisation der psychischen Einheiten zweckmäßig die spezifischen Eigentümlichkeiten dieser Einheiten zusammenfassen.

3. Vor allem fällt es auf, daß alle psychischen Einheiten (ob sie durch die Auffassung oder durch andere Ursachen zustande gekommen sind) immer eine Einheitlichkeit in der Funktionsart darstellen, indem sie z. B. als Komplexe einheitlich reproduziert werden oder als Ganzes in einer neuen Verbindung auftreten oder als Ganzes durch das Gedächtnis modifiziert werden. Die einzelnen Teile sind darin nur so weit selbständig, als es dem Ganzen zugute kommen kann: eine Vorstellung löst sich z. B. aus dem Komplex nur dann heraus, wenn mit ihrer Hilfe das Ganze leichter repräsentiert werden kann. Als eine Organisation dokumentiert sich die psychische Einheit auch durch die Veränderung des gesamten Erlebnisses, die mit der Veränderung jedes einzelnen seiner Momente eintritt[1]).

Die Einheit der einzelnen Organisationen innerhalb der Erlebnistotalität macht sich geltend durch die Abgrenzung, welche in einem relativ geschlossenen Kreise der funktionalen Abhängigkeiten gegeben ist. Wenn die Differenzierung innerhalb der Einheit die funktionelle Mechanik vereinfacht, so tritt eine statische Verselbständigung der Einzelmomente ein. Das ist z. B. der Fall bei der Verselbständigung der Einzelvorstellungen und der damit verbundenen assoziativen Mechanik. Neben der Differenzierung der Teile geht in der psychischen Organisation auch eine Integration des Ganzen einher, so daß die beiden Veränderungen des Ganzen zwei Seiten eines und desselben Entwicklungsprozesses bilden und sich gegenseitig bedingen[2]). Diese Seite des psychischen Prozesses zeigt sich in allen psychischen Zusammenfassungen, Begriffsbildungen usw.

1) Vgl. dazu Krügers Komplexentheorie in seiner Entwicklungspsychologie. Leipzig 1915, und H. Volkelt, Vorstellungen der Tiere. Leipzig 1914.

2) Es sei hier auf die ähnlichen Gesichtspunkte in der Psychologie Spencers hingewiesen, der auch den Begriff der Integration hervorgehoben hat.

Das Ganze einer psychischen Neubildung erfüllt dabei selbständige Funktionen, die auf die Funktionen der Elemente nicht zurückführbar sind. Dieses Moment war eigentlich auch durch die Aufstellung des »Prinzips der schöpferischen Synthese« durch Wundt anerkannt worden. Es muß aber bei der Aufdeckung der Eigenart der psychischen Organisationen noch viel mehr betont werden, als in dieser »Synthese« enthalten ist. Die Einzelfunktionen der Elemente werden nämlich durch die psychische Einheit so weit absorbiert, daß — wie in jeder vitalen Organisation — die einzelnen Glieder bis zu einem gewissen Grade ausfallen können, ohne daß die Einheit dabei zerstört wird. Das ist z. B. der Fall bei dem kontinuierlichen Eindruck einer Bewegung, der unbeschadet dem Ausfall einzelner Phasen sich behaupten kann. Damit ist gesagt, daß die psychische Einheit viel mehr als eine Synthese ist, denn bei einer solchen fällt die Einheit auseinander, sobald ein Element weggefallen ist. Eine weitere Organisationseigenschaft des Psychischen bedeutet die Tatsache, daß bis zu einem gewissen Grade eine Veränderung der normalen zeitlichen Abläufe stattfinden kann, ohne daß die Stabilität des Gesamteindruckes darunter leidet. Die Tatsache, daß die Aufeinanderfolge bestimmter Töne, so bald sie eine Melodie herstellt, langsamer oder rascher gespielt werden kann, ohne daß die Melodie sich verändert, mutet uns an wie die Plastizität des lebendigen Organismus. Ebenso wie der Stoffwechsel bei der Verlangsamung der Einzelprozesse immer noch bis zu einem Grade dem einheitlichen Lebensablauf zu dienen vermag, ebenso wie in der Gesamtfunktion eines Organismus die einzelnen Funktionen einer gegenseitigen Regulation unterworfen sind, ebenso behauptet sich die Eigenart der psychischen Organisation bis zu einem gewissen Grad in der Veränderung der elementaren Einzelabläufe. Schreitet dieser Prozeß weiter, so verfällt z. B. die Melodie endlich in Einzeltöne oder »degeneriert« zu einem geräuschähnlichen Eindruck.

In einem lebendigen Organismus wird die Einheit besonders dadurch demonstriert, daß jeder »Fremdkörper«, falls er in die Einheit nicht aufgenommen werden kann, entweder ausgestoßen wird, oder den Zerfall des Organismus verursacht. Analogerweise kann auch in der psychischen Organisation eine bestimmte Gesamtabgrenzung gegenüber den momentanen »Fremdkörpern« aufgewiesen werden. Eine charakteristische, in sich zusammenhängende Gestalt wird z. B. auch dann noch als solche aufgefaßt, wenn einige fremde, nicht hineingehörige Gestaltelemente eingeschoben werden. Ja, diese Einschiebung kann unter Umständen ganz übersehen werden, worin eine

gewisse Analogie mit dem Prozeß des Ausstoßens gesehen werden kann. Eine noch nähere Analogie zu dem Ausstoßen der Fremdkörper aus dem Organismus bildet die Tatsache, daß die einmal gebildeten Gedanken oder Beziehungen unbeschadet den ständig neu eintretenden Eindrücken im Gedächtnis in ihrer primären Form aufbewahrt werden können. Das ganze sinnvolle Gedächtnis kann unter diesem Gesichtspunkte betrachtet werden. Die psychische Organisation ist aber auch wie jeder biologische Organismus durch eine gewisse Labilität ausgezeichnet. Der psychische Organismus kann durch besonders starke Wirkungen der Fremdkörper gesprengt werden. Man denke z. B. bloß an die Verfälschung und den Zerfall der im Gedächtnis aufbewahrten Zusammenhänge infolge der Einwirkung neuer auslöschenden oder modifizierenden Eindrücke.

4. Es ist nicht schwer, weitere entsprechende Analogien zu häufen. Durch das bis jetzt Angeführte scheint aber die besondere Eigenart der psychischen Verbindungen, nämlich ihre spezifisch lebendige Einheitsfunktion genügend hervorgehoben zu sein[1]).

Ihre allgemeine methodologische Rolle soll hier an einem allgemeinen Problem erprobt werden, nämlich der Frage nach dem analytischen oder synthetischen Charakter der psychischen Verbindungen. Hält man nämlich an dem Begriff der psychischen Verbindung als einer organisierten oder sich organisierenden Einheit fest, so wird man annehmen müssen, daß diese Einheit ebenso wie die biologische Organisation außerhalb des eigentlichen Gegensatzes der analytischen und synthetischen Form sich befindet. Denn der Begriff der Analyse setzt voraus, daß das primär Gegebene eine homogene Beschaffenheit aufweist, die infolge des analysierenden Vorgangs in eine Mannigfaltigkeit übergeht. Auch von der Synthese kann nur dann gesprochen werden, wenn der Ausgangspunkt derselben selbständige Elemente bilden, die durch den synthetischen Vorgang in eine davon verschiedene Einheit sich zusammenfassen lassen. Weder das eine noch das andere findet aber in der Psyche statt[2]).

Am besten läßt sich das an der psychischen Eigenart der Gestalt

1) Die Bedeutung dieser Tatsache für die Auffassung der Reproduktionsmechanismen ist ohne weiteres klar: die früher aufgewiesene Reproduktionsform ist als eine direkte Organisationscharakteristik des Psychischen aufzufassen.

2) In dem »Modalismus« von H. J. Watt findet sich eine auf ähnliche Gesichtspunkte hinauslaufende Auffassung der psychischen Integration der Elemente. Die Eigenschaften der letzteren gehen nach Watt dabei nicht verloren, sondern sind in dem Komplex in Form einer Modifikation der Sinnesdata enthalten. Siehe Brit. Journ. of Psychol. 4 (2). 1911; bes. S. 149.

demonstrieren, die eine der ausgesprochensten psychischen Organisationen darstellt. Ist wirklich in den ersten Stadien einer Gestaltauffassung ein gänzlich undifferenzierter Gesamteindruck gegeben? Mit anderen Worten, kann man behaupten, daß der primäre psychische Charakter einer Gestalt völlig homogen ist? Unzweifelhaft besitzt man in diesen ersten Stadien bloß einen allgemeinen Gesamteindruck. In dem Spezifischen dieses Erlebnisses, in der Konstatierung des Gesamtcharakters als solchen liegt aber schon eine Anerkennung der ursprünglichen Differenzierung der primären Masse enthalten. Das Spezifische des Erlebnisses, der »Gesamtcharakter«, besteht ja gerade darin, daß ein ganz bestimmtes allgemeines Strukturverhältnis bewußt ist, nämlich ein besonderes Aufgehen einer Mehrheit in der sie enthaltenden Einheit. Die Einheit ist bloß als die Einheit einer wenn auch nicht bestimmten, so doch bestimmbaren Mehrheit gegeben. Bevor dieses Moment in der Auffassung vorhanden ist, kann überhaupt noch nicht von einem Gesamteindruck gesprochen werden. Somit besitzen schon die ersten Stadien einer Gestaltauffassung die typische Durchsetzung der einzeln für sich nicht verwirklichten analytischen und synthetischen Momente. Da das Gegegebene keine primäre Homogenität besitzt, so kann daher auch in weiteren Stadien der Auffassung von keiner eigentlichen Analyse die Rede sein. Andererseits ist eine bestimmte Einheitlichkeit der Auffassung schon primär gegeben, und es kann daher nicht von einer eingreifenden Synthese gesprochen werden. Bei der psychischen Organisation der Gestalt bleibt aber die primäre Struktur bis zum Zerfall dieser Einheit permanent erkennbar, ähnlich wie bei der Entwicklung eines biologischen Organismus. Der primäre Charakter des Gesamteindruckes begleitet jede weitere Differenzierung innerhalb der Gestalt. Bühler schildert in seinem grundlegenden Buch den betreffenden Tatbestand folgendermaßen: Wir »zerstören, wo wir analysierend vorgehen, nicht mit jedem Schritt eine Gestaltqualität, um neue an ihre Stelle zu setzen, sondern wir heben nur bald dies bald jenes Moment, was in dem Eindruck des verwirklichten Komplexes schon enthalten war oder wenigstens enthalten sein konnte, hervor. Und der erste, noch unanalysierte Eindruck ist nichts prinzipiell anderes als der spätere, dem diese Analyse zugute gekommen ist«[1]) (von B. gesperrt).

Die primäre Struktur der psychischen Organisation bleibt mit anderen Worten auch nach dem Differenzierungsvorgang bestehen.

---

1) K. Bühler, Die Gestaltwahrnehmungen. 1913. S. 16.

Nach unserer Aufstellung kann er daher nicht als eine eigentliche Analyse betrachtet werden. Bei einem wirklichen analytischen Vorgang, beim Zerfall der primären Masse in ihre Bestandteile hört sie auf, als solche zu bestehen, und an ihre Stelle tritt die selbständige Existenz der Bestandteile ein. Ganz anders verhält es sich mit der sog. psychischen Analyse. Zu dem beliebtesten Schulbeispiel gehört die Gestalt der Melodie, gerade weil man an ihr am leichtesten demonstrieren kann, daß sie nicht zerstört wird, wenn auch die einzelnen Töne bei der sog. Analyse einen hohen Grad der Selbständigkeit gewinnen können. Die auf diesem Wege gewonnenen Bestandteile des Gestalteindruckes bilden aber immer noch nur relativ selbständige Momente in dem Ganzen der Auffassungseinheit. Je nach dem Grad dieser bloß relativen Selbständigkeit oder auch Unselbständigkeit haftet ihnen immer als ein eigentümlicher Akzent die Zugehörigkeit zu der Einheit der betreffenden Organisation an. Dieses Moment je nach der Stärke des Akzents bildet das reproduzierende Moment bei dem Fortschreiten von dem Teil zum Ganzen. Das Ganze wird somit in einer unentwickelten Form schon mit dem ersten Element im Bewußtsein gegeben[1]).

Gegen unsere Behauptung des unselbständigen Charakters der Gestaltelemente kann folgendes eingewandt werden: Die Analyse kann ja so weit fortgeschritten sein, daß die Organisationseinheit zerstört wird, so daß die Einzelelemente tatsächlich ein selbständiges Dasein zu führen beginnen. Da sie unter bestimmten Umständen also selbständig werden können, sind sie es auch in der Gestalt. Denn der Elementarcharakter wird ja darin nicht zerstört, sondern bloß nicht in voller Klarheit in der Gesamtauffassung zur Geltung kommen.

Gegen diesen Einwand ist folgendes anzuführen. Im Moment, wo die Organisationseinheit aufhört zu bestehen, sind die Einzelmomente nicht mehr Elemente dieser Organisation. Zwar führen sie ein selbständiges Dasein, wie z. B. die einzelnen Linien, die einer Figur geometrisch zugrunde liegen, räumlich aber auseinander fallen, oder die Einzeltöne, aus denen man eine Melodie zusammensetzen könnte, die zeitlich aber voneinander zu sehr getrennt sind, oder die Einzelvorstellungen, die zu einem Komplex gehören können, momentan aber sich nicht in demselben befinden. Dieses selbständige Dasein aber weist in keinem seiner Momente die mögliche Art der Vereinigung auf. Man kann dem Einzelelement nicht ansehen, zu welcher Organi-

1) Diese Feststellungen bilden, wie man sieht, ein prinzipielles Moment bei der Gestaltung der Reproduktionstheorie und haben ihre physiologischen Analoga in den früher aufgestellten Mechanismen des Gesamtniveau.

sation es gehört, so daß die ganz selbständigen Elemente organisationsindifferent sind. Diese Organisationsgleichgültigkeit der ganz selbständigen Elemente ist der letzte Grund für die Verwendung derselben objektiven Konfiguration der Elemente in verschiedenen Organisationen: Aus denselben Linien lassen sich verschiedene Figuren zusammenordnen, eine objektive Anordnung der Punkte läßt verschiedene Gestalten heraussehen, eine bestimmte Anzahl der Töne kann man zu verschiedenen Melodien verwenden, dieselben Einzelvorstellungen spielen als Dispositionen in verschiedenen Komplexen eine ganz heterogene Rolle. Die ganz selbständigen Elemente dürften aus diesem Grunde eigentlich nicht mehr als Elemente einer bestimmten Organisation angesehen werden, sondern bloß als objektive Bedingungen zur Herstellung solcher Momente. Die Elemente einer Organisation, welche tatsächlich das Charakteristikum dieser Organisation tragen, sind dagegen durch dieselbe immer mehr oder weniger gefärbt. Als Elemente dieser Organisation sind sie daher prinzipiell unselbständig und sie werden differenziert gerade je nach dem Grad und der Qualität dieser Unselbständigkeit.

Wenn der Eindruck des Komplexen sogar Komponenten aufweisen kann, die Träger selbständiger Funktionen werden können, wie es die eingehenden Untersuchungen Bühlers zeigen, so ist damit noch nicht gesagt, daß der Eindruck des Komplexen aus solchen Komponenten zusammengesetzt ist. Zusammengesetzt ist die gegenständliche Einheit des Reizes, die einer Gestaltwahrnehmung zugrunde liegt, und zwar ist sie aus Komponenten zusammengesetzt, die selbständige Gestaltungen provozieren können. Die Gestaltwahrnehmung aber ist in diesem Sinne nicht synthesiert, denn ihre bewußte Existenz und psychische Wirksamkeit, auf die es bei psychologischer Fragestellung ankommt, ist nicht abhängig von einer im gleichen Sinne bewußten Existenz der Komponenten. Im Gegenteil, das differenzierte Bewußtsein der einzelnen »Komponenten« wird unter Umständen dem Auftauchen des Komplexes sogar im Wege stehen können. Wenn es auch gelingt, die experimentellen Bedingungen so zu gestalten, daß in der merklichen zeitlichen Trennung zuerst die Einzelmomente und dann der bestimmte Gesamteindruck der Gestalt auftreten, dann ist es damit noch nicht bewiesen, daß diese Gestalt aus diesen Momenten sich zusammengesetzt hat: Denn es ist doch möglich und nach unseren heutigen Einsichten in die Stufenstruktur des Bewußtseins auch sehr wahrscheinlich, daß in der primären Auffassung der Einzelmomente die Gestalt schon mitgegeben oder mitgedacht war, so daß ihre spätere Konstatierung

nichts anderes ist als eine Herausdifferenzierung des schon früher angebahnten psychischen Prozesses[1]).

Damit haben wir auch für die Reproduktionsprozesse, die zu einem Auftauchen der psychischen Einheiten ins Bewußtsein führen, ein wichtiges biologisches Analogon angedeutet: Das Herausdifferenzieren aus den Keimanlagen aller derjenigen Eigenschaften, die in der Keimformation enthalten sind, ist als eine spezifische Reproduktionsform der psychischen Einheit anzusehen. Die Keimformation ist dabei als die primäre Entwicklungsstufe der Organisation zu betrachten, insofern der psychische Prozeß der Reproduktion schon mit dieser Stufe anfängt, ebenso wie der organische Keim diejenige Entwicklungsstufe darstellt, von der erst die biologische Vererbung ihren Anfang nimmt[2]).

Die Zugehörigkeit der in der Reproduktion nacheinander folgenden Inhalte zu der primären Einheit solcher Keimorganisation verleiht ihnen dieselbe erlebbare gegenseitige Gebundenheit und Zusammengehörigkeit, welche wir in dem Nebeneinander einer simultanen Auffassung besitzen. Diese Zusammengehörigkeit bildet die andere Seite der spezifisch psychischen Kontinuitätserlebnisse, die die Unselbständigkeit der Organisationselemente ins volle Licht setzen.

Alle möglichen Einwände gegen unsere Auffassung beruhen meines Erachtens letzten Endes auf einer tief eingewurzelten theoretischen Voraussetzung, die wir auch bei der Assoziationspsychologie vorfinden: als ob die physikalische Differenzierung der Reize durch Raum, Zeit und das verschiedene Quantum der physikalischen Energieformen ohne weiteres eine Differenzierung der psychischen Einheit einleitet. Gerade aber der allgemein psychologische Ertrag der Psychophysik, deren Idee ja aus ähnlichen Voraussetzungen entsprungen ist, besteht in der Widerlegung dieser parallelistischen Metaphysik. Denn die Schwellentatsache besagt ja doch nichts anderes als daß eine bestimmte physikalisch verfolgbare Differenzierung des Reizes noch nicht eine Differenzierung des psychischen Bestandes mit sich führen muß.

---

1) Vgl. die etwas anders orientierten Ausführungen von Bühler, a. a. O., S. 19ff.

2) In den Tatsachen der Gedankenentwicklung, des spezifischen Enthaltenseins einer Bedeutung in dem Erlebnis einer anderen, in der kategorialen Bestimmtheit des Denkerlebnisses, die sich nachträglich von diesem Erlebnis loslösen kann, und anderen Tatsachen aus dem Gebiete der Reproduktion und des Denkens, die in den weiter folgenden experimentellen Untersuchungen zur Sprache kommen, werden wir dieselbe spezifische Form wiederfinden.

Es wird daher nötig sein, in einer theoretischen Psychologie, die von der Idee einer eigenartigen psychischen Kontinuität ausgehen wird, die naturwissenschaftlichen Kategorien zu vermeiden. Im speziellen haben wir für den Tatbestand der Gestaltsauffassung daher nicht die Formel »Teils Analyse, teils Synthese«[1]) anzuwenden, sondern in einer radikalen Loslösung von der mechanistischen Begriffsbildung: »Weder Analyse, noch Synthese.«

Die psychologische Betrachtungsweise hat nichts mit dem Problem der Zusammensetzung zu tun, welches zu Widersprüchen mit den rein psychologischen Gegebenheiten führen muß. Dem Problem der Zusammensetzung entspricht in psychologischer Betrachtungsweise die Frage: Welche spezifischen Charaktere zeigt jede einzeln feststellbare Stufe einer Organisation auf, welche Faktoren sind bei der Abgrenzung einer Stufe von der anderen beteiligt, welche Form besitzt das Fortschreiten von einer Stufe zu der anderen? Mit anderen Worten, es handelt sich bei der Untersuchung der psychischen Organisationen um Formen ihrer Auffassung und Stufen ihrer Reproduktion. (Für das Beziehungsbewußtsein glaube ich bestimmte Anhaltspunkte für eine solche Unterscheidung in einer früheren Untersuchung angedeutet zu haben.)

III. Versuch eines Systems der psychischen Organisation.

1. Für die Aufdeckung der deskriptiven Mannigfaltigkeit der auftretenden psychischen Organisationen d. h. für die allgemeine Organisationslehre ist bis jetzt so gut wie gar nichts getan. Ihre Idee war vor zwei Dezennien vielleicht von Külpe angedeutet in der Forderung der »allgemeinen Verbindungslehre der Empfindungen«[2]).

Ich will in dieser orientierenden Studie, ohne einen Anspruch auf Systematik und Vollständigkeit zu erheben, versuchen, eine prinzipielle Gestaltung solcher Organisationslehre anzudeuten.

Psychische Organisationen lassen sich vor allem, ebenso wie die Inhalte und Funktionen, durch das Merkmal der erlebten Gegenstandsbestimmung in zwei prinzipiell verschiedene Gruppen differenzieren. a) Auf der einen Seite stehen diejenigen Organisationen, welche auf eine gegenständliche Ordnung hinweisen, in dem Sinne, daß diese Ordnung als eine gegenständliche erlebt wird. Sie ist durch das Meinen eines an sich aus dem Akt transzendierten Tatbestandes repräsentiert, welcher als eine primäre Einheit »da« ist. Diese Einheit ist weder zusammengesetzt noch durch Differenzierung gewonnen.

1) Bühler, a. a. O., S. 19ff.

2) O. Külpe, Grundriß der Psychologie. 1893. S. 189.

Als der Typus solcher Organisationen mit dem Charakter der Gegenstandsordnung kann die besprochene Organisation der Gestalt dienen. Bei der Wahrnehmung einer Gestalt ist unmittelbar im Erlebnis der Hinweis auf die tatsächliche Gestalt »da« als eine solche vorhanden. Wie die Wahrnehmung auch diesen Gegenstand repräsentiert — klar und differenziert in allen seinen Teilen oder in einer undeutlichen Umrißfeststellung —, mir ist immer ein einheitlicher Gegenstand als solcher gegeben, der nicht erst durch Zusammensetzung seiner selbständigen Teile zur Einheit wird. Er behauptet vielmehr seine apriorische Einheitskonstitution dadurch, daß ich ihn unabhängig von der Differenzierung des Wahrnehmungsinhaltes als solchen meinen kann. So wird z. B. ein Viereck für meine Wahrnehmung zu einer gegenständlichen Einheit nicht erst dadurch, daß diese Einheit durch das klare Wissen um die Entstehung dieses Vierecks aus vier Elementen sich sozusagen hindurchblicken läßt. Sondern — und das ist das entscheidende Moment für die Wahrnehmung wie für die Reproduktion der Organisation —: die gegenständliche Einheit ist umgekehrt diejenige Bestimmung im Erlebnis, an der erst die Differenzierung vorgenommen wird.

b) Den Organisationen mit dem Charakter der Gegenstandsordnung sind psychische Einheiten mit rein dynamischer Gliederung entgegenzustellen. Sie haben alle mehr oder weniger einen Organisationscharakter, weisen dabei aber auf keine Gegenstandsordnung als Erlebnisbestimmtheit hin. Als Beispiel sei das Verhältnis zwischen der Beachtung und der Zusammenfassung gewählt. Die bewußte Zusammenfassung irgendwelcher separat gegebener Inhalte geschieht immer unter der Bedingung einer spezifischen Beachtungsart der Einzelinhalte. In diesem Verhältnis zweier Funktionen offenbart sich eine bestimmte Gliederung des psychischen Einheitsaktes. In diesem Akt sind die Beachtung und Zusammenfassung »übereinander« oder besser »ineinander« so gelagert, daß trotz des Einheitseffektes des Aktes er als ein spezifisch gegliederter Ablauf sich repräsentiert.

Es läßt sich leicht zeigen, daß diese momentanen funktionalen Verwebungen die Charakteristik einer Organisation aufweisen. So ist die Abgrenzung einer funktionalen Organisation durch die Wirkungseinheit ihrer einzelnen Teile gegeben. Bei der Organisation des Denkens und Vorstellens dokumentiert sich diese Wirkungseinheit besonders in den Reproduktionsprozessen (das Besinnen)[1]. Bei der

1) Die einzelnen experimentellen Nachweise habe ich schon angedeutet in den »Beobachtungen über das Besinnen«. Bericht des Berliner Kongresses für exp. Psychol. 1912.

Organisation: »Wollen und Vorstellen« ist die Wirkungseinheit beider Funktionen so eng und eindeutig, daß manche Psychologen sich sogar veranlaßt sehen, die psychologische Eigenart des Wollens überhaupt zu leugnen, andere aber die Behauptung aufstellen, daß es kein Wollen ohne Vorstellung geben kann. Die Wirkungseinheit der Beachtung und der Zusammenfassung zeigt sich in den gemeinsamen Effekten der Ordnung, in welchen das Beachtete immer schon zusammengefaßt und das Zusammengefaßte beachtet ist.

Die Wirkungseinheit der funktionalen Organisation kann sich auch unter Umständen darin offenbaren, daß bei der Veränderung einer in die Organisation eingeflochtenen Funktion auch die andere dementsprechend eine Veränderung erleiden kann. So wird, um ein einfaches Beispiel zu nennen, durch Veränderung der momentanen Vorstellungsrichtung auch die Richtung oder die Expansion des Willensaktes beeinflußt. Andererseits können wir bei den bestimmten Organisationseinheiten unter Umständen auch eine der vitalen Einheit ähnliche spontane Veränderung beobachten. Das sog. Prinzip der Unbeständigkeit des Bewußtseins besagt nichts anderes als solche spontane vitale Veränderung. Wie bei den anderen Organisationen, so haben wir auch bei den dynamischen Einheiten teleologisch bestimmte Zusammenhänge, die durch einen eventuellen Ausfall einzelner Glieder in ihrer einheitlichen Funktion bis zu einem gewissen Grade nicht beeinträchtigt werden. So kann z. B. ein zeitweiliges Ausfallen einer bestimmten Vorstellungsfunktion stattfinden, ohne daß die Effekte der Reproduktion darunter leiden, da dabei die nötige Gegenstandsbestimmung anstatt auf anschaulichem, auf unanschaulichem Wege geschieht.

Das Schwanken der Aufmerksamkeit, das Hinabsinken der inhaltlichen Bestimmungen auf niedere Bewußtseinsstufen, wobei weder das momentane System seine Einheit einbüßt, noch die Richtung des Prozesses verändert wird, kann als Analogie zu dem Ausfall oder zu dem intermittierenden Herabsetzen bestimmter vitaler Funktionen betrachtet werden. Die Enge des Bewußtseins läßt sich als eine momentane organisationsartige Abgrenzung des Bewußtseins betrachten: Die den momentanen Intentionen fremden Einwirkungen werden in die Organisation nicht aufgenommen, etwa wie Fremdkörper repulsiert. Kurz, der Zusammenhang, Wirkungsweise und die Abgrenzung der psychischen Funktionen lassen sich unter dem Gesichtspunkt der Organisation betrachten. Deswegen ist auch hier die Frage nach der analytischen oder synthetischen Entstehungsweise nicht am Platze. Es handelt sich hier um den Prozeß einer Herausdifferenzierung

einzelner Funktionen aus einer primären Einheit, wodurch gleichzeitig auch eine Integration, eine Zusammenfügung der Einzelmomente in eine immer wirksamere Einheit des Bewußtseins eingeleitet wird.

2. Die nähere Differenzierung der Organisationstypen geschieht nach demselben Verhältnis zur Gegenständlichkeit, welches auch die Grundlage für die Trennung in zwei große Klassen bildet.

In den gegenständlichen Organisationen ist für die Differenzierung die inhaltliche Absonderung richtungsgebend. Das in der gegenständlichen Organisation Dargestellte ist vor allem geordnet, denn die Ordnung ist eben nichts anderes als die Differenzierung innerhalb einer Einheit nach gegenständlichen Kategorien. Die gegenständlichen Organisationen werden daher vor allem nach der Art der gegenständlichen Abgrenzung zu differenzieren sein. Die individuelle Gestalt des Gegenstandes hängt aber einerseits von dem Material, andererseits von dem Prinzip seiner inneren Ordnung ab. Man wird daher die gegenständlichen Organisationen nach beiden Richtungen zu charakterisieren haben.

a) Als ersten repräsentativen Typus der gegenständlichen Organisationen haben wir angesehen die Gestalten. Die Komponenten der Gestaltwahrnehmung sind anschaulicher Natur, das Prinzip ihrer Ordnung ist ebenso eine unmittelbar vorliegende anschauliche statische Geschlossenheit[1]).

b) Fällt die anschaulich repräsentierte gegenständliche und materielle Geschlossenheit des Gestalteindrucks weg und ist bloß die anschauliche Vorlage der Ordnung vorgegeben, so haben wir es mit dem zweiten Typus zu tun: raumzeitliche Schemata.

Die Ordnung in diesem Typus ist zwar durch die anschauliche Gliederung der raumzeitlichen Kontinuität verwirklicht, das eigentliche Prinzip dieser Ordnung ist aber insofern intellektueller Natur, als die gegenständliche Abgeschlossenheit erst durch zusammenfassenden Denkakt (Regelbewußtsein!) innerhalb der an sich indifferenten Kontinuität geschaffen werden muß. Der Schematismus der reinen Zeitanschauung als Überleitung zu der kategorialen Formung im System Kants ist nichts anderes als eine transzendentale

1) Vgl. dazu Bühler, a. a. O., S. 11/14, der die entgegengesetzte Ansicht »Gestalt sei Beziehung und nicht Anschauung« mit vorzüglicher Klarheit erörtert. Wir haben keinen Anlaß, auf diese Kontroverse einzugehen: Wenn man auch die These annimmt, daß die Gestalt Beziehung sei, lassen sich trotzdem genügend spezifische Verschiedenheiten zwischen diesen und den eigentlichen Beziehungen aufweisen. Damit ist aber die klassifikatorische Trennung der Gestalten und Beziehung in unserer Aufzählung auch methodologisch gerechtfertigt.

Wendung der phänomenologischen Zwischenstellung der Schemata zwischen den völlig anschaulichen Gestalten und den rein intellektuellen Organisationen.

c) Ist bei den Schemen das Material der Ordnung anschaulich und das Prinzip derselben intellektuell, so haben wir es bei den Relationen mit einem umgekehrten Verhältnis zu tun. In den Organisationen, in denen z. B. ein kausaler oder finaler Zusammenhang erfaßt wird, ist das Material der Ordnung: Wissen um den Einzelvorgang, also intellektuellen Ursprungs. Und dieses Wissen bildet die Fundamente der Beziehung, welche als psychische Organisation auf Erfassen der Realität gerichtet ist. Auch diese Richtung, die den eigentlichen Sinn dieser Beziehung ausmacht, ist noch intellektueller Natur, da Realitäten erst und nur durch das Denken erfaßt werden. Das Ordnungsprinzip der Relation ist aber eher einer anschaulichen Gestaltung als einer rein begrifflichen Gliederung ähnlich. Denn die reale gegenständliche Abhängigkeit der betreffenden Einzelvorgänge voneinander erweist sich dem Wissen letzten Endes als ein schlechterdings Vorgegebenes, analog wie die Gestalt für die Anschauung ein Vorgegebenes ist. Durch das Prinzip der Ordnung wird in diesem wie in jenem Gegebensein keine »Gruppierung« innerhalb des Geordneten vorgenommen, wie das bei der an sich indifferenten raumzeitlichen Kontinuität für die Bildung der Schemata notwendig ist. Denn das einheitlich »gestaltete« Geschehen bildet für das Erfassen eine eindeutige und vollkommen differenzierte gegenständliche Grundlage. Trotz der intellektuellen Natur der Fundamente in den Relationen der Realität (wie wir sie kurz nennen wollen) ist daher das Prinzip der Ordnung derselben an die gegenständliche Intention so gebunden wie bei den rein anschaulichen Organisationen. Das zeigt sich vor allem im Erlebnis solcher Relationen an dem Zwangscharakter des objektiven Wissens, wie er sonst nur bei anschaulichen Bestimmungen vorkommt. Damit hängt aufs engste zusammen die phänomenologische Ähnlichkeit in den Evidenzcharakteren, welche der Beziehungssetzung und der anschaulichen Feststellung zukommt[1]).

---

1) Diese Ähnlichkeit der Evidenzerlebnisse wird wohl der Grund sein, der die phänomenologische Untersuchung dazu verleitet hat, bei dem Erlebnis, welches die Feststellung physikalischer Eigenschaften begleitet, von der Wahrnehmung und einem unmittelbaren Erschauen zu sprechen, obgleich solche Feststellungen doch erst auf Grund des (reproduziblen) Wissens zur Evidenz gelangen. So z. B. bei Schapp, Zur Phänomenologie der Wahrnehmung, Göttinger Dissert. 1911.

d) Als letzte Gruppe der gegenständlichen Organisationen seien schließlich die rein intellektuellen Einheitsbildungen erwähnt, wie sie z. B. elementar in den begrifflichen Ordnungen des Gegensatzes und der Koordination repräsentiert sind. Das Material der Ordnung bilden hier reine Denkinhalte, Intentionen auf Gegenstände idealer Art, das Prinzip der Ordnung ergibt sich auch aus den Denkoperationen. Wie alle Operationen, die auf die Feststellung gegenständlicher Beziehungen hinauslaufen, ist das denkmäßige Ordnen selbstverständlich an die Charaktere gebunden, die den Denkgegenständen als solchen zukommen: Begriffe, die in einer Beziehung zueinander stehen, können nicht sinngemäß in eine ihnen vollkommen inadäquate Beziehung gebracht werden. In diesem Sinne ist das intellektuelle Prinzip der Ordnung auch an die gegenständlichen Grundlagen gebunden.

3. Diese Bindung betrifft aber nicht nur den intellektuellen Charakter als solchen, sondern überhaupt alle Ordnungsprinzipien, die gegenständlich orientiert sind. Für jeden Typus der psychischen Organisationen gelten spezifische Ordnungsbestimmungen, an welche die Ordnungsprinzipien gebunden sind. So gilt für die Gestalten der Ordnungscharakter der anschaulichen Konfiguration, für die intellektuellen Einheiten die Begriffsordnung. Die realen Relationen sind an Ordnungen gebunden, welche wieder zwischen den anschaulichen und begrifflichen Ordnungen selbst obwalten[1]). Die Schemata raumzeitlicher Art sind an die Ordnungen der Kontinuität und der Richtung gebunden. Diese Ordnungen demonstrieren den primitivsten Sinn aller Ordnungen, da sie in einer einfachen linearen Form gleichzeitig eine Verbindung und eine Trennung verwirklichen.

Infolge dieser Verkörperung des allgemeinen Sinns der Ordnung überhaupt sind die Schemata an allen Organisationen beteiligt, die an gegenständliche Ordnungen gebunden sind. So kann eine Gestalt immer als eine raumzeitliche Kontinuität aufgefaßt werden, und diese letzte Ordnung bildet daher das abstrakte Schema, innerhalb welchem die konkrete Gestaltung vorgenommen wird. Doch bilden diese Schemata in keiner Weise irgendwelche konkrete Bestimmungsstücke der anschaulichen Organisation einer Gestalt: verschiedene Gestalten können bekanntlich aus demselben indifferenten Nebeneinander und derselben Gleichzeitigkeit »herausgesehen« werden. Dem Schema fehlt die Eindeutigkeit, die den anschaulichen Zu-

1) Der erkenntnistheoretischen Schwierigkeit dieser Ordnung entspricht in vollem Maße die Wichtigkeit der entsprechenden Organisation für den Erkenntnisprozeß.

sammenhängen die Einheitlichkeit ihrer Wirksamkeit verleiht. In ähnlicher Weise sind auch die realen Relationen innerhalb der allgemeinen raumzeitlichen Ordnung erlebbar: fällt jede nähere konkrete Bestimmung des relationellen Zusammenhanges weg, so bleibt immer noch das Bewußtsein von einem Nebeneinander in der Zeit oder im Raume. Dieses Nebeneinander ist aber wiederum vollkommen unwesentlich für die Bestimmung der Relation, denn die Eigenart der letzteren wird durch die formale Bestimmung der raumzeitlichen Ordnung nicht im mindesten getroffen: die tatsächliche Verteilung im Raume oder in der Zeit und noch weniger die reale Abhängigkeit der darin verteilten Inhalte ist durch das Schema nicht ausdrückbar. Für Erlebnisbestimmungen, besonders für die reproduktiven Prozesse hat dieser Sachverhalt eine ausschlaggebende Bedeutung: die Reproduktion des allgemeinen Schemas der Ordnung zweier oder mehrerer Inhalte zieht noch nicht die Reproduktion des spezifischen Organisationscharakters mit sich. Werden die Inhalte in der spezifischen Ordnung bewußt, so ist als Reproduktionsmotiv nicht das allgemeine Schema anzunehmen, sondern die spezifische Bindung selbst, die den Inhalten als ihre momentane Erlebnisweise anhaftet.

Spielt dieses Schema bei den bisher erwähnten Organisationen eine gewisse Rolle für die Ordnung selbst, so ist es mit den begrifflichen Organisationen nur äußerlich verbunden. Da dieselben weder im Ordnungsprinzip noch im Material der Ordnung etwas mit dem anschaulichen Moment zu tun haben, so sind sie auch ihrer psychischen Struktur in keiner Weise mit den Schemata wesensverbunden. Bei den tatsächlich vorkommenden Veranschaulichungen dieser an sich nicht anschaulichen Organisationen greift man zu dem raumzeitlichen Schema, da dasselbe die einfachste Ordnungsform bildet. Man versucht manchmal z. B. ganz äußerlich den Gegensatz an zwei Polen einer horizontalen Geraden zu vergegenwärtigen, die Koordination als zwei Punkte nebeneinander, die Subordination als zwei konzentrische Kreise usw. Diese anschaulichen Schemata haben aber nur den Sinn einer Hilfe, eines Diagramms, und berühren in keiner Weise das Wesen und die Entwicklung der begrifflichen Organisationen, welche sich nur nach einem intellektuellen Prinzip ordnen lassen.

4. Das intellektuelle und das anschauliche Prinzip der Ordnung sind getrennt durch tiefgreifende Unterschiede. Beim Ordnen, das eine rein anschauliche Angelegenheit bildet, wie z. B. die Auffassung einer Gestalt, haben wir es mit einem Akt zu tun, welcher durch das Material des Ordnens — die momentanen Gestaltelemente —

unmittelbar herausgefordert wird. Es gibt in der Anschauung der Gestalt keine Elemente, die nicht gleichzeitig auch als Elemente der oder jener Gestalt, als einer mit ihnen schon gesetzten Einheitsbildung gegeben wären. Bleibt der Umfassungsakt aus, so beruht das bei dem anschaulichen Ordnen bloß auf irgendeiner Hemmung der durch die Gestaltelemente schon eingeleiteten Formation der Einheitswahrnehmung. Daß die letztere wirklich im Gange war, ist unmittelbar zu ersehen aus der Qualität des jeweiligen Erlebnisses, das nicht den Charakter der »Nichterfassung der Gestalt«, sondern immer der »Unvollkommenen Erfassung der Gestalt« trägt. Das anschauliche Ordnen ist somit an das anschauliche Material vollkommen eindeutig gebunden, und zwar im Sinne der realen psychischen Mechanik: Mit der psychischen Gegebenheit des Materials ist auch das Ordnen als Akt unmittelbar im Erlebnis eingeleitet.

Ganz anders verhält es sich dagegen mit dem Prinzip der intellektuellen Ordnung. Die Elemente dieser Ordnung, z. B. Begriffe als Erlebnisse, führen in der psychischen Mechanik eine viel selbständigere Existenz als die Gestaltelemente. Mit der Gegebenheit der Begriffe, die miteinander systematisch geordnet werden können, ist die Ordnung als psychische Einheitsbildung noch nicht eingeleitet. Das Material der intellektuellen Ordnung an und für sich bildet schon eine elementare psychische Abgeschlossenheit, was z. B. in der Gebundenheit der Begriffsmerkmale aneinander klar zutage tritt. Die Organisation der Begriffe in eine intellektuelle Beziehung erfordert noch einen selbständigen, über die elementare Einheitsbildung hinausgehenden und mit der Gegebenheit noch nicht eingeleiteten Akt.

Wie man sich auch zu der Frage nach der eigentlichen Schöpfung neuer Beziehungen stellen mag, es gibt doch auf dem intellektuellen Gebiete eine Tatsache der vollkommenen Umstellung gegenüber den Einzelelementen, die wir am adäquatesten als Beziehungsstiftung bezeichnen können. Der Akt ist dabei seinem Wesen nach ein ganz anderer als beim plötzlichen Auffassen einer bis jetzt übersehenen Gestalt: Von einer Gestaltstiftung würde man nicht einmal zu sprechen versuchen. Die Widersinnigkeit dieses Sprachgebrauchs beruht darauf, daß der anschauliche Ordnungsakt gegenüber dem Material vollkommen unselbständig ist. Dagegen zeigt sich die Selbständigkeit des intellektuellen Ordnungsaktes darin, daß er nicht an eine eindeutige gegenständliche Ordnung gebunden ist[1]), und daß dieselbe

1) Hier liegen die psychologischen Wurzeln des Rationalismus, der aus der Erlebnischarakteristik der intellektuellen Operationen als eines relativ selbstän-

objektive Menge der Begriffe in der Form verschiedener Beziehungen sich zusammenordnen läßt. Zwei Begriffe z. B. sind ebenso in der Konfiguration des Gegensatzes wie der Koordination erlebbar. Die anschauliche Ordnung ist dagegen vollkommen eindeutig durch das Material bestimmt. Wendet man ein, daß vier Punkte z. B. einmal als Quadrat, das andere Mal aber als schiefes Kreuz aufgefaßt werden können, so ist dagegen hinzuweisen, daß in beiden Fällen es sich um verschieden anschauliches Material handelt. Bloß physikalisch ist dieselbe Ordnung der vier Punkte repräsentiert, psychologisch aber sind einmal vier Richtungen in der Ordnung □, das andere Mal zwei Richtungen in der anderen Ordnung × intendiert. Die Natur dieser Intentionen und der Grund ihres Wechsels bilden eine Frage für sich. Damit ist aber prinzipiell die Tatsache nicht berührt, daß in jedem einzelnen Falle andere momentane Elemente gegeben sind, durch welche die anschauliche Ordnung vollkommen eindeutig bestimmt wird.

5. Die bloß dynamisch gegliederten oder funktionellen Organisationen sind in einer ganz anderen Art geordnet als die gegenständlich orientierten. Die gegenständliche Abgrenzung erhält seine erste allgemeine Bestimmung mehr oder minder vollkommen durch das raumzeitliche Schema. Die dynamischen Organisationen dagegen zeigen ihre »Teile« in einer solchen Verflechtung oder einer Ineinanderlagerung, daß die gegenseitige Konstituierung dieser Teile nicht einmal im allgemeinsten Sinne durch das Schema der Zeit bestimmt ist. Die Differenzierung der psychischen Dynamik kann eine Form besitzen, auf welche das zeitliche Schema als Kategorie der Ordnung überhaupt nicht anwendbar ist. Es kann z. B. unter Umständen prinzipiell nicht feststellbar sein, ob die Beachtung des Einzelnen der Zusammenfassung vorausgeht, denn manches ist auf der Stufe der Beachtung nur innerhalb der schon zusammengefaßten Inhalte erkennbar. Es kann dabei aber auch nicht behauptet werden, daß die Zusammenfassung als die Vorbedingung des Beachtens gelten muß, da im Akte der Zusammenfassung direkt konstatiert werden kann, daß die Beachtung als ein Prozeß neben der Zusammenfassung einhergeht und unter bestimmter Einstellung auch zeitlich nach der Zusammenfassung erlebt werden kann. Ich weise in dieser Hinsicht

---

digen Aktes auf ihren ontologischen Wert im Vergleich mit der Anschauung schließen möchte. Die psychologischen Gründe des extremen Empirismus liegen darin, daß die Tatsache der Unselbständigkeit der anschaulichen Akte gegenüber dem Material im Sinne des erkenntnistheoretischen Primats dieses Materials umgedeutet wird.

nur auf die Erfahrungen in den Versuchen über die Abstraktion der Gleichheit[1]).

Bei der Verbindung zwischen dem Denken und dem Vorstellen erleben wir denselben Tatbestand. Es kann in bestimmten Fällen weder behauptet werden, daß das Denken dem Vorstellen vorangeht, noch daß das Vorstellen das Denken fundiert hat. Die unmittelbar bewußte Sukzession des Erlebnisses ist nicht erst durch Einsetzen einer neuen Funktion nach beiden Seiten gegliedert, sondern der ganze Akt ist von Anfang bis zu Ende Denken und Vorstellen, wobei die Charakteristiken jeder dieser Funktionen in dem einheitlichen Akt vorfindbar sind. Man kann dabei auch nicht sagen, daß das Denken und das Vorstellen gleichzeitig gegeben sind. Denn sie sind als eine sehr enge funktionale Einheit gegeben und im Erlebnis etwas voneinander nicht getrennt Bewußtes. Die Simultaneität aber als Ordnung des Erlebnisses hat bloß in Anwendung auf trennbare Objektscharaktere einen Sinn.

Zur Veranschaulichung dieser Irrelevanz des Zeitschemas für die dynamische Erlebnisordnung bringe ich ein fingiertes Beispiel aus dem räumlichen Gebiet. Dies Beispiel wird das Verhältnis nur unvollkommen veranschaulichen können, und die Analogie wird sich nicht ganz durchführen lassen, gerade weil in dem gegenständlichen Gebiet diese psychische Erlebnisordnung nicht vorkommt. Man denke sich ein System von Linien, welches zwei ineinander verwobene Ornamente erkennen läßt. Gelingt es aber die zu einem Ornament zugehörigen Linien für sich zu isolieren, so verschwindet der Ornamentscharakter der einen Konfiguration, da er nicht zum mindesten auch durch die Abgrenzungen und Kreuzungen mit dem anderen Teil des Systems bedingt war. Dasselbe soll auch für diesen anderen Teil gelten. Die Gleichzeitigkeit der beiden Ornamente wird in diesem Falle eine vollkommen irrelevante Bestimmung für den Systemcharakter unserer Verwebung sein. Denn die beiden Teile sind zu Ornamenten geordnet nicht durch die Gleichzeitigkeit, die an und für sich ein bloß formales, nicht einmal den Systemcharakter überhaupt berührendes Moment ist. Die Verwebung wird zu einem System erst durch einen Wesenszusammenhang beider Teile, die als abgegrenzte Einheiten nur innerhalb dieses Zusammenhanges beobachtet werden können.

Dasselbe eigentümliche Verhältnis finden wir bei zwei Funktionen, die durch ihren Wesenszusammenhang als eine Einheit erscheinen,

1) Vgl. Archiv für die ges. Psychol. Bd. XII. S. 380 und 446.

gleichzeitig aber in der unmittelbaren Erfahrung auch als zwei systematisch ineinander gelagerte Abgrenzungen gegeben sind. Bei solchem System der gegenseitigen realen Durchdringung spreche ich nicht von Gleichzeitigkeit, sondern nur von Einzeitigkeit. Die reale »einzeitige« Durchdringung ist der Grund, warum es unmöglich ist, bei den dynamischen Organisationen von der Reproduktion des einen seiner Teile durch ein anderes zu sprechen. Weder das Behalten reproduziert das Zusammenfassen, noch ist das Umgekehrte der Fall. Weder das Denken ruft das Vorstellen hervor, noch ist das Vorstellen ein Reproduktionsmotiv für das Denken. Und ebenso ist es unangebracht, von dem reproduktiven Zusammenhang der Funktion und des Inhaltes zu sprechen, wie es z. B. G. E. Müller mit der Vorstellung und der darauf gerichteten Aufmerksamkeit vornimmt. Denn es handelt sich nicht um eine Sukzession oder Simultaneität der Vorgänge. Die funktionale Organisation zeigt keine Teile in dem inhaltlichen Sinne. Es wäre daher zweckmäßig, die Prozesse der gegenseitigen Ablösung der Funktionen, die zu einer Organisation gehören, als Modifikationen derselben primären Einheit zu beschreiben versuchen.

6. Überträgt man diese Betrachtungsweise auf die Gesamtheit des psychischen Seins, so wird die Frage nach dem Wesen der Funktion, wie nach dem Wesen der Einheit des Bewußtseins in ein neues Licht gerückt: Die Funktionen erscheinen jetzt als phänomenologische Abgrenzungen innerhalb des universalen Wesenszusammenhanges des Psychischen. Dieser Wesenszusammenhang findet seine begriffliche Fixierung in der Einheit des Bewußtseins. Insofern jede Funktion an diesem Wesenszusammenhang konstitutiv beteiligt ist, ist mit jeder Funktion die Einheit des Bewußtseins repräsentiert. Die einzelnen Funktionen können nur deswegen in einen Organisationszusammenhang miteinander eintreten, weil sie von vornherein unselbständige Momente der primären Bewußtseinseinheit darstellen. Sie können sich bloß aus der momentanen labilen Organisation mehr oder weniger abheben.

Die wesentliche Verschiedenheit der gegenständlichen und funktionellen Organisationen darf uns nicht verleiten, die Einheit des Bewußtseins in zwei Lager zu spalten. Wir wollen die einheitliche Wirklichkeit des Bewußtseins nicht vergessen. Hat man die gegenständlichen und funktionellen Organisationen voneinander getrennt, so wird man in jeder einzelnen psychischen Einheitsbildung die gegenseitige reale Verwebung beider Arten erblicken können, ebenso wie es bei der Trennung der einzelnen Inhalte und Funktionen schließlich

der Fall ist. An einzelnen momentanen Bewußtseinsabgrenzungen sind die beiden Arten der Organisationen nur in verschiedenem Maße beteiligt[1]). Obgleich beide Arten als Grenztypen derselben psychischen Einheitsbildung anzusehen sind und in der Realität aufeinander angewiesen sind, ist das phänomenologische Primat doch den dynamischen Organisationen zuzuschreiben. Denn gerade dasjenige Eigenartige, das sich auf nichts weiter reduzieren läßt und als ständiger Index das Psychische vom Logischen und Objektiven unterscheidet — der Kontinuitätscharakter und seine Zusammenpressung in den »einzeitigen« Verwebungen der punktuellen Gegebenheiten —, ist nur den dynamischen Organisationen eigen. In diesen Organisationen erfüllt sich erst adäquat und originär der Sinn des Begriffes »Einheit«, und nur von hier aus wird er in die anderen psychischen Organisationen und auch objektiven Ordnungen übertragen. Man darf wohl auch die phänomenologische Genese der transzendentalen Apperzeption Kants in der Richtung solcher primären dynamischen Organisationsgegebenheiten suchen. Mit dieser Andeutung der Zurückführung der phänomenologischen Einsichten auf ihre eigene phänomenologische Genese aus der Struktur des Bewußtseins als einer spezifischen Einheit soll diese Studie geschlossen werden. An einem anderen Ort habe ich versucht, die prinzipielle Abgrenzung solcher Fragestellungen herauszuarbeiten und auf das Problem: Psychologismus oder Transzendentalphilosophie? anzuwenden. Dort hat sich auch herausgestellt, daß dies »Oder« durch ein »Weder — noch« zu ersetzen sei[2]).

1) Für den Fall des Beziehungsbewußtseins wird man nach unserer Analyse z. B. annehmen müssen, daß die konkrete Stiftung mehr durch eine dynamische Organisation ausgezeichnet ist, als etwa die kategoriale Meinung.

2) Siehe: Zur Begründung der Erkenntnisbegriffe (Ein phänomenologisch-genetischer Versuch). Tijdschrift voor Wysbegeerte. Erven Bohn, Haarlem. Bd. IX. 1915. S. 456 ff.

Mathematik und Logik.

Vier Abhandlungen.

Von
M. Pasch (Gießen).

I.
Über innere Folgerichtigkeit[1]).

Wenn jemand Waren in vereinbarten Mengen und zu vereinbarten Preisen kauft und dann die Geldforderung des Kaufmanns darüber erhält, so besitzt er vermöge des genossenen Rechenunterrichts die Fähigkeit, die Forderung nachzuprüfen. Er braucht dazu nichts als elementare Multiplikation und Addition. Jeder Schritt ist vorgeschrieben, und die vorgeschriebenen Schritte führen unfehlbar zum Ziel, nämlich zum Urteil darüber, ob die Forderung stimmt oder nicht.

So gut sind wir aber nur sehr selten daran, wenn wir uns entscheiden sollen mit Ja oder Nein[2]). Ich will beispielsweise annehmen, daß mehrere Mitteilungen über ein Ereignis vorliegen und festgestellt werden soll, ob diese Mitteilungen sich miteinander vereinigen lassen, oder ob sie einander widerstreiten. Es wird auch vorkommen, daß eine einzelne Mitteilung einen Widerspruch in sich selbst enthält. Auf den Fall einer einzelnen Mitteilung kann man den anderen zurückführen, indem man die verschiedenen Mitteilungen zu einer einzigen verarbeitet. Es handelt sich also schließlich um das Urteil über eine einzelne Erzählung, und zwar nur um das Urteil über ihre innere Folgerichtigkeit. Ich will die Erzählung haltbar nennen, wenn ihr innere Folgerichtigkeit zukommt, wenn sie also nirgends mit sich selbst in Widerspruch gerät. Sie kann trotzdem in irgendeinem Punkt einer anderweiten Tatsache oder Ansicht widerstreiten; dann werde ich die Erzählung für unglaubwürdig erklären. Ihre

---

1) In der Gießener Dozenten-Gesellschaft »Sonderbund« vorgetragen (1915).

2) Wegen der »Entscheidbarkeitsfragen« siehe: Pasch, Veränderliche und Funktion. 1914. § 74—76, Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung. 1918. Bd. 27. S. 228 ff.

Haltbarkeit wird aber dadurch nicht berührt. Die Erzählung kann haltbar sein und für mich dennoch unglaubwürdig werden. Allerdings muß die Erzählung vor allem haltbar sein, wenn sie als glaubwürdig erachtet werden soll.

Um eine Erzählung für haltbar zu erklären, muß man sich zunächst davon überzeugt haben, daß sie keine Angaben enthält, die einander geradezu widersprechen, noch weniger einen Satz, der in sich selbst einen Widerspruch birgt. Erkennt man in einem Satz oder zwischen zwei Sätzen der Erzählung einen Widerspruch, ohne daß man andere Teile der Erzählung zuzuziehen braucht, so will ich den Widerspruch einen Widerspruch erster Stufe nennen. Widersprüche dieser Art können dem, der die Erzählung anhört, nicht entgehen, wenn er jeden neuen Satz prüft und ihn mit den vorausgegangenen Sätzen zusammenhält. Welche Anstrengung dies erfordert, kommt hier nicht in Betracht; man wird sie erleichtern, wenn man sich möglichst kurzer Sätze bedient. Entdeckt der Anhörende einen Widerspruch erster Stufe, so wird er die Erzählung nicht anhören, ohne Einwendungen zu erheben. Ich will deshalb die Erzählung, wenn sie keinen Widerspruch erster Stufe aufweist, anhörbar nennen. Der Fall einer Erzählung, die aus einem einzigen Satz besteht, braucht nicht weiter verfolgt zu werden.

Ob eine Erzählung anhörbar ist oder nicht, kann, wie gesagt, planmäßig geprüft werden. Indem man Satz für Satz vornimmt und immer mit dem vorhergehenden Inhalt der Erzählung vergleicht, gelangt man unfehlbar zum Ziel, d. h. zu einer Entscheidung mit Ja oder Nein. Insofern ist hier — bei aller sonstigen Verschiedenheit der beiden Fälle — die Lage ebenso günstig, wie sie oben gegenüber der Geldforderung des Kaufmanns war. Freilich kann dort wie hier die Aufgabe so umfangreich sein, daß der erforderliche Zeitaufwand abschreckt. Aber Zeit und Mühe kommen bei diesen Erörterungen nicht in Betracht; es muß geradezu vorausgesetzt werden, daß der Prüfende mit ewigem Leben und mit unbegrenztem Gedächtnis für alles Wahrgenommene und Gedachte ausgerüstet ist.

Ist die Erzählung nicht anhörbar, so ist sie nicht haltbar. Die Anhörbarkeit genügt aber nicht, um die Haltbarkeit, also die volle innere Folgerichtigkeit, zu begründen. Vielmehr muß noch die Gewißheit dazukommen, daß auch die Folgerungen, die aus der Erzählung durch irgendwelche Verknüpfungen ihrer Teile erschlossen werden können, niemals zu einem Widerspruch führen werden. Einen Widerspruch zwischen zwei Folgerungen oder zwischen einem Satz der Erzählung und einer Folgerung nenne ich einen Widerspruch

zweiter Stufe. Ich betrachte nun einfache Beispiele für diese Erscheinungen.

> (Erste Erzählung.) Der Student hat vom 1. bis zum 10. Juni gefehlt. Am 15. will man ihn im Kolleg gesehen haben.

Hier ist kein Widerspruch in oder zwischen den einzelnen Sätzen — kein Widerspruch erster Stufe — zu entdecken. Mithin ist die Erzählung anhörbar. Sie ist sogar haltbar, weil sie zu Folgerungen, wie sie ein Widerspruch zweiter Stufe voraussetzt, keine Handhabe bietet. Auf diesen Punkt werden wir unten noch näher eingehen.

Bei der Beurteilung der Anhörbarkeit dieser Erzählung sind außer dem, was die beiden Sätze wörtlich besagen, noch folgende Tatsachen zu berücksichtigen: 1) Die Begriffe »fehlen« und »im Kolleg gesehen werden« schließen einander aus; nach Satz 2 soll also der Student am 15. Juni nicht gefehlt haben. 2) Der 15. Juni ist nicht einer der Tage vom 1. bis zum 10. Juni; Satz 1 behauptet also nicht, daß der Student am 15. Juni gefehlt hat. Erst in Verbindung mit den Tatsachen 1 und 2 führt der Wortlaut der Erzählung zum Urteil über die Anhörbarkeit. Diese Tatsachen gelten als allgemein geläufig. Bei der Entscheidung, ob in einem Satz oder zwischen zwei Sätzen ein Widerspruch besteht, sind unter Umständen außer dem wörtlichen Inhalt des Satzes oder der Sätze auch allgemein geläufige Tatsachen zu benutzen.

Wenn vom »wörtlichen Inhalt« die Rede ist, so muß doch damit gerechnet werden, daß Fortlassungen gebräuchlich sind und dadurch Ergänzungen nötig werden. Z. B. in Satz 2 wird es statt »Am 15.« vollständiger heißen: »Am 15. desselben Monats (in demselben Jahr).« Solche Ergänzungen gelten als »selbstverständlich«.

> (Zweite Erzählung.) Der Student hat vom 1. bis zum 10. Juni gefehlt. Dann verreiste er bis zum 20. Juni. Am 15. will man ihn im Kolleg gesehen haben.

Hier besteht ein Widerspruch zwischen Satz 2 und 3, ein Widerspruch erster Stufe. Die Erzählung ist nicht anhörbar und deshalb auch nicht haltbar.

> (Dritte Erzählung.) Im Juni war der Student vom 16. an nicht im Kolleg. Er war im Juni 20 Tage lang verreist. Vom 1. bis zum 10. war er nicht im Kolleg, obwohl er nicht verreist war. Nach dem 14. will man ihn ein einziges Mal im Kolleg gesehen haben.

Die Erzählung ist anhörbar. Aber aus Satz 2 und 3 schließt man, daß der Student vom 11. bis zum 30. Juni verreist war, also am 15. nicht im Kolleg sein konnte. Aus Satz 1 und 4 muß man da-

gegen schließen, daß der Student am 15. im Kolleg war. Diese Folgerungen widersprechen einander; es tritt also ein Widerspruch zweiter Stufe auf. Die Erzählung ist nicht haltbar, obgleich sie anhörbar ist.

Kehren wir zum ersten Beispiel zurück. Die Erzählung war anhörbar; ich erklärte sie auch für haltbar. Für sich betrachtet, ist die Erzählung also unverdächtig. Nun erinnere ich mich aber, daß der 15. Juni ein Sonntag war. Dadurch wird die Erzählung unglaubwürdig; sie enthält einen Widerspruch gegen eine zwar nicht allgemein geläufige, aber doch allgemein zugängliche Tatsache. Einen solchen will ich einen Widerspruch dritter Stufe nennen.

Ich benutze noch einmal das erste Beispiel und nehme an, daß der 15. Juni kein Sonntag war, daß aber der betreffende Dozent mir gelegentlich erzählt hat, daß er am 15. nicht habe lesen können. Ich entdecke in der Erzählung einen Widerspruch vierter Stufe, d. h. einen Widerspruch gegen eine nicht allgemein zugängliche Tatsache. Die Erzählung, obwohl haltbar, hat für mich die Glaubwürdigkeit verloren.

Auf den Widerspruch vierter Stufe konnte nicht jeder geraten, weil die ihn begründende Tatsache nicht allgemein zugänglich war. Den Widerspruch dritter Stufe kann jeder aufdecken, wenn er nur auf den Gedanken kommt, sich zu fragen, was für ein Wochentag der 15. Juni gewesen ist; die Tatsache, daß er ein Sonntag war, ist allgemein zugänglich, obwohl keineswegs allgemein geläufig. In beiden Fällen liegt aber der Widerspruch nicht in der Erzählung selbst und hat mit ihrer inneren Folgerichtigkeit nichts zu tun. Wir werden uns deshalb mit den Widersprüchen dritter und vierter Stufe nicht weiter beschäftigen. Überdies wäre das Feld, das man behufs Auffindung solcher Widersprüche durchforschen müßte, keiner Abgrenzung fähig.

Wir haben uns also auf die Frage nach Widersprüchen erster und zweiter Stufe zu beschränken. Für das Aufsuchen von Widersprüchen erster Stufe ist eine bestimmte Anleitung gegeben; nach ihr wird entschieden, ob die Erzählung anhörbar ist oder nicht; nur der Fall einer anhörbaren Erzählung ist weiter zu verfolgen. Ehe wir uns aber hierzu anschicken, wollen wir eine möglichst weitgehende Verallgemeinerung vornehmen. An die Stelle der »Erzählung«, auf die sich die Erörterung bisher bezog, soll eine beliebige Zusammenstellung von Äußerungen treten, und zwar soll der Inhalt der Äußerungen von beliebiger Art sein dürfen. Ich denke besonders an eine Zusammenstellung von wissenschaftlichen Erkenntnissen, z. B. von Lehrsätzen über den Kreis. In jedem Fall will ich die der Erörterung

unterworfene Zusammenstellung einen Stamm von Sätzen nennen[1]). Eine besondere Art davon ist eben die »Erzählung«.

Die Begriffe: Widerspruch erster und zweiter Stufe (unter Umständen auch dritter und vierter Stufe), anhörbar, haltbar, gelten auch für den »Stamm«. Wieder ist nur der Fall der Anhörbarkeit weiter zu verfolgen. Um einen anhörbaren Stamm für haltbar erklären zu können, muß man die Gewißheit haben, daß aus ihm keine Widersprüche zweiter Stufe hergeleitet werden können. Wie gelangt man zu einer solchen Gewißheit? Diese Frage kann ich nicht allgemein beantworten; für das Aufsuchen von Widersprüchen zweiter Stufe kann ich eine bestimmte, alle Stämme umfassende Anleitung nicht geben[2]).

Um die Sachlage schärfer hervortreten zu lassen, erinnere ich daran, daß ein Widerspruch zweiter Stufe in einem Stamm A dadurch entsteht, daß eine aus A gezogene Folgerung R in Widerspruch gerät entweder mit einer anderen Folgerung S oder mit einer Stelle in A selbst. Im ersten Fall bildet der Stamm A zusammen mit der Folgerung S eine neue Zusammenstellung, die ich wieder als einen Stamm auffassen kann und mit B bezeichnen will. Die aus A gezogene Folgerung R wird zu einer Folgerung aus B, der Widerspruch zwischen R und S zu einem Widerspruch zwischen R und einer Stelle in B. Damit ist der erste Fall auf den viel einfacheren zweiten zurückgeführt, auf den Widerspruch zwischen einer aus dem Stamm gezogenen Folgerung und einer Stelle im Stamm selbst; es wäre dann nur festzustellen, ob aus dem Stamm B eine Folgerung hergeleitet werden kann, die einer Stelle in B widerstreitet. Und schon für diese einfachere Art von Widersprüchen zweiter Stufe gilt, was ich oben für beide Arten ausgesprochen habe: Für das Aufsuchen solcher Widersprüche kann ich eine alle Stämme umfassende Anleitung nicht geben.

Wenn übrigens eine Anleitung für das Aufsuchen von Widersprüchen zweiter Stufe von der einfacheren Art bekannt wäre, so wäre selbst dann die Aufgabe für die andere Art nicht gelöst. Denn indem ich für den Stamm A in der obigen Weise den ersten Fall auf den zweiten zurückführte, mußte ich nicht bloß den Stamm A als gegeben behandeln, sondern auch den durch Anfügen von S an A entstehenden Stamm B; es müßte somit außer A noch S gegeben

1) Wegen dieser Benutzung des Wortes »Stamm« (zunächst in den Verbindungen »Stammbegriffe« und »Stammsätze«) siehe: Pasch, Vorlesungen über neuere Geometrie. 1882. Zweite Ausgabe 1912. S. 74 und 98.

2) Vgl.: Veränderliche und Funktion. S. 154.

sein. In Wahrheit soll die Folgerung S ebensowenig gegeben sein, wie die Folgerung R, sondern einzig und allein der zu prüfende Stamm A.

Nun zu den Widersprüchen zweiter Stufe von der einfacheren Art. Die Frage lautet: Ein Stamm A ist vorgelegt; kann aus ihm eine Folgerung R hergeleitet werden, die irgendeinem im Stamm vorkommenden Satz widerstreitet? Auch für die so eingeschränkte Frage kann ich eine allgemein brauchbare Anleitung zum Auffinden der Antwort nicht geben. Ich kann sogar, ohne hieran etwas zu ändern, die Frage noch ein zweites Mal einschränken. Der Satz im Stamm A, dem die Folgerung R widerstreiten könnte, war nämlich nicht im voraus bezeichnet. Ist nun n die — jedenfalls begrenzte — Anzahl der in A zu unterscheidenden einzelnen Sätze, so kann ich die Frage in n Fragen zerlegen, deren jede folgende Form hat: Ein Stamm A ist vorgelegt und darin ein bestimmter Satz mit G bezeichnet; kann aus dem Stamm A eine Folgerung R hergeleitet werden, die dem Satz G widerstreitet?

Die Anzahl der Sätze, aus denen der Stamm A besteht, ist notwendig begrenzt, nicht aber die Anzahl der Folgerungen, die aus A hergeleitet werden können. Doch könnte es vorkommen, daß auch die Anzahl der Folgerungen begrenzt ist. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn man unsere »Erste Erzählung« folgendermaßen behandelt. Die Erzählung läßt sich in 11 Sätze zerlegen:

1) Der Student hat am 1. Juni gefehlt.
2) Desgl. am 2. Juni.

. . . .

10) Desgl. am 10. Juni.
11) Der Student hat am 15. Juni nicht gefehlt.

Aus diesen 11 Nummern können Folgerungen gezogen werden. Soll dem Beispiel volle Einfachheit bewahrt bleiben, so dürfen wir beim Folgern weder » allgemein geläufige « noch irgendwelche andere Tatsachen hineinziehen, sondern uns ausschließlich auf den wörtlichen Inhalt der 11 Nummern stützen. Jede Folgerung ist dann eine Kombination aus diesen 11 Nummern. Die Anzahl der Kombinationen ist aber begrenzt; sie beträgt 2047, nämlich:

$$11 + 55 + 165 + 330 + 462 + 462 + 330 + 165 + 55 + 11 + 1.$$

Der Stamm bestand nicht aus den 11 einzelnen Nummern, sondern nur aus zwei Sätzen. Immerhin liegt die Sache von vornherein so, daß man, um nach Widersprüchen zu forschen, jede der 2047 Folgerungen mit dem ersten Satz des Stammes vergleichen muß, dann jede Folgerung mit dem zweiten Satz, so daß

$$2 \times 2047 = 4094$$

Vergleichungen vorzunehmen wären. Diese große Zahl von einzelnen Vergleichungen kann jedoch durch eine kurze Überlegung abgetan werden. Der erste Satz des Stammes war nämlich die Zusammenfassung von Nr. 1—10, der zweite deckte sich mit Nr. 11. Daß diese beiden Sätze einander nicht widersprechen, ist schon oben (S. 271) festgestellt worden. Der Stamm, den sie zusammensetzen, ist diejenige der erwähnten Kombinationen, die alle Nummern umfaßt. Jede andere dieser Kombinationen bildet einen Teil der umfassenden Kombination und kann daher nicht mit dem Ganzen, dem Stamm, in Widerspruch geraten, ebensowenig mit einem der beiden Sätze des Stammes, mit anderen Worten: Kein Bestandteil des Stammes widerspricht einer Folgerung aus dem Stamm.

Zu bemerken ist, daß die betrachteten Folgerungen auf »direkten« Beweisen beruhen, die Frage nach Folgerungen mittels »indirekter« Beweise jedoch offen gelassen ist. Die »Erste Erzählung« wird indes weiter unten auf anderem Wege nochmals geprüft und ihre Haltbarkeit dadurch außer Zweifel gesetzt werden.

Wenn wir hier zu einem Ergebnis gelangen mußten, so hatte dies seinen Grund darin, daß — unter den erwähnten Beschränkungen — aus der »Ersten Erzählung« nur eine begrenzte Anzahl von Folgerungen hergestellt werden kann. Denken wir uns überhaupt einen Stamm, der Folgerungen nur in endlicher Anzahl zuläßt, etwa p Folgerungen. Wird die Anzahl der einzelnen Sätze des Stammes, wie oben, mit n bezeichnet, so hätte man, um alle etwaigen Widersprüche zweiter Stufe von der einfacheren Art aufzufinden, schlimmstenfalls jeden der n Sätze des Stammes mit jeder der p Folgerungen zu vergleichen, mithin $n \times p$ Vergleichungen auszuführen. Bei der »Ersten Erzählung« war $n = 2$, $p = 2047$ und mithin

$$n \times p = 4094.$$

Die Erscheinung, daß sich Folgerungen nur in endlicher Anzahl ergeben, kann aber nur an besonders gearteten Stämmen vorkommen; sie ist keine allgemeine Erscheinung. Vielmehr muß man darauf gefaßt sein, daß die Folgerungen aus einem Stamm nicht erschöpft werden können, sondern eine unendliche Menge bilden. Als Beispiel diene die Geometrie. Aus dem Inhalt der Geometrie kann man eine begrenzte Anzahl von Sätzen herausheben und zu einem »Stamm« vereinigen mit dem Erfolg, daß alle übrigen Sätze der Geometrie aus den Sätzen des Stammes — ich will sie die Stammsätze nennen — abgeleitet werden können. Die Sätze der Geometrie sind also,

soweit sie nicht selbst zum Stamm gehören, Folgerungen aus dem Stamm; Folgerungen übrigens, bei denen als »allgemein geläufige Tatsachen« nur die Eigenschaften der Zahlen herangezogen werden dürfen. Trotzdem aber der Stoff, von dem der Geometer ausgeht, ein begrenzter ist, ist die Arbeit des Geometers unbegrenzt, sie kann niemals einen Abschluß erreichen. Dies zeigt sich schon auf beschränktem Gebiet, z. B. wenn man sich nur mit geradlinigen Figuren beschäftigt. Hat man das Dreieck studiert, so kommt das Viereck an die Reihe; wieder neue Fragen bietet das Fünfeck, und wie weit man auf diesem Wege auch fortschreiten mag, so steht man niemals an einem Ende. Wir haben also hier einen Stamm, aus dem Folgerungen in unerschöpflicher Menge herausgeholt werden können.

Wie soll man nun die Haltbarkeit eines Stammes prüfen, wenn er unendlich viele Folgerungen zuläßt? Die Verlegenheit tritt schon dadurch ein, daß man nicht weiß, wie man sich die Gesamtheit aller Folgerungen aus dem Stamm verschaffen kann; es ist noch gar nicht nötig, daß die Anzahl der Folgerungen geradezu als eine unendliche erkannt ist. Es kann dann nicht mehr davon die Rede sein, daß man alle einzelnen Folgerungen aus dem Stamm mit jedem einzelnen Stammsatz vergleichen soll. Ebensowenig aber weiß ich eine andere Anleitung aufzustellen, die jemanden in den Stand setzen könnte, wenn ihm ein beliebiger Stamm vorgelegt wird, über die Möglichkeit von Widersprüchen zweiter Stufe zu urteilen, selbst wenn er sich auf die einfachere Art dieser Widersprüche beschränkt.

Wohlverstanden: Die Schwierigkeit liegt nicht darin, daß ein Zeitaufwand nötig werden kann, der die Dauer des menschlichen Lebens weit übersteigt, und daß daran die Arbeit scheitern würde. Vielmehr spielen Zeit und Mühe — das habe ich schon erklärt — hier keine Rolle. Bei dem Beispiel aus dem Handelsverkehr, das uns zum Ausgangspunkt gedient hat, wird man an eine Arbeit von ziemlich mäßigem Umfang denken. Auf demselben Gebiet liegen aber auch Arbeiten von ungeheurem Umfang, z. B. wenn jemand den Jahresabschluß einer Großbank rechnerisch nachprüfen soll, und zwar im vollen Sinn des Wortes, nicht etwa bloß durch Stichproben. Ebenso verhält es sich, wenn ein »Stamm« auf Anhörbarkeit zu untersuchen ist. Die Anzahl der erforderlichen Vergleichungen ist begrenzt und kann sich in erträglichen Grenzen bewegen; wer jedoch als Stamm das Material eines Monstreprozesses zu untersuchen hat und sich nicht auf Stichproben beschränken darf, steht vor einer

erdrückenden Aufgabe. Aber in allen derartigen Fällen, auch den verwickeltsten, ist die Arbeit begrenzt und Schritt für Schritt vorgezeichnet; es wäre jedesmal möglich, im voraus eine Höchstzahl für die Schritte festzustellen, aus denen die Arbeit bestehen wird und nach deren Zurücklegung man das Ziel unfehlbar erreicht[1]).

Das Andersartige bei der Entscheidung über die Haltbarkeit eines Stammes besteht eben darin, daß wir keine Anweisung besitzen, die uns angesichts eines beliebig gegebenen Stammes unfehlbar zur Entscheidung hinleitet, wenn auch noch so viele einzelne Schritte zurückgelegt werden müßten. Damit ist nicht gesagt, daß man jedem Stamm ratlos gegenübersteht. Ich habe erwähnt, daß der ganze Inhalt der Geometrie der Ausfluß einer begrenzten Anzahl von Sätzen, also der Ausfluß eines gewissen Stammes ist. Gewisse Forschungen haben dazu geführt, innerhalb der Geometrie Gebiete abzugrenzen, die durch besondere Stämme gekennzeichnet sind[2]). Ferner wurde man zur Verfolgung von Stämmen gedrängt, die mit den Lehren der herkömmlichen Geometrie nicht übereinstimmen, aber zu Aufschlüssen über die inneren Verhältnisse der herkömmlichen Geometrie führen sollen. Wir haben es also in der Geometrie aus verschiedenen Anlässen mit Stämmen zu tun, aus denen ganze Lehrgebäude hervorgehen, und müssen jedesmal die Frage aufwerfen, ob der Stamm ohne Gefahr zu Folgerungen benutzt werden kann, d. h. eben, ob der Stamm haltbar ist. Dieser Frage steht man, wie gesagt, nicht immer ratlos gegenüber.

Um eine Vorstellung von den Mitteln zu geben, durch die man unter Umständen zum Ziel kommt, hole ich wieder das Beispiel der »Ersten Erzählung« hervor und knüpfe an die folgende Fassung an, in der dem Studenten ein Eigenname beigefügt ist:

> Der Student N hat vom 1. bis zum 10. Juni gefehlt. Am 15. Juni hat der Student N nicht gefehlt.

Daß die hier vorkommenden Tage der 1., 2., ..., 10. und 15. Juni (eines und desselben Jahres) sind, ist aber nichts Wesentliches. Indem ich statt dessen irgendwelche verschiedene Tage einführe und sie etwa mit $a, \ldots, k$ und p bezeichne, gelange ich zu folgendem Stamm:

> (Stamm A.) Der Student N hat an den Tagen $a, \ldots, k$ gefehlt. Am Tage p hat der Student N nicht gefehlt.

Die Haltbarkeit des Stammes A will ich jetzt auf einem Wege prüfen,

1) Vgl.: Veränderliche und Funktion. § 74.

2) Ein solches Gebiet ist die projektive Geometrie (graphische G., G. der Lage). Siehe: Vorlesungen über neuere Geometrie, S. 74.

der größere Tragweite hat als der oben (S. 271 und 274) eingeschlagene. Wie dort, habe ich mich auch hier ausschließlich an den wörtlichen Inhalt der Stammsätze zu halten. Wenn ich also aus dem Stamm A Folgerungen ziehe, so muß ich vermeiden, daß sich irgendwelche, nicht in den Stammsätzen enthaltene Tatsachen, die bezüglich des Studenten N oder der Tage $a, \ldots, k$ und p gelten mögen, in die Schlüsse einschleichen. Ich muß also ganz davon absehen, welcher Student mit N, welche Tage mit $a, \ldots, k$ und p gemeint sind; $N, a, \ldots, k, p$ sind nur noch Dingwörter, nämlich Eigennamen von Dingen, die unter den Gemeinnamen »Student« oder »Tag« fallen. Weiter muß ich vermeiden, daß, außer den in den Stammsätzen niedergelegten, andere Tatsachen, die auf der Bedeutung der Wörter »Student, Tag, fehlen« beruhen, beim Folgern aus dem Stamm A eine Rolle spielen. Dann bin ich aber in derselben Lage wie jemand, der mit diesen Wörtern keinen Sinn zu verbinden weiß, der sich also nur daran halten kann, daß »Student« und »Tag« Dingwörter (und zwar Gemeinnamen) sind, »fehlen« ein Zeitwort.

Diese Sachlage kann ich auf folgende Weise im Ausdruck zu scharfer Darstellung bringen. Zunächst behalte ich vom »gefehlt haben an einem Tage« bloß ein bestimmtes »in Zusammenhang stehen mit dem Tage« zurück — etwa »im Zusammenhang Z stehen« — und drücke mich daher so aus:

(Stamm A_0.) Der Student N steht mit jedem der Tage $a, \ldots, k$ im Zusammenhang Z. Der Student N steht mit dem Tage p nicht im Zusammenhang Z.

Es ist jetzt auch erreicht, daß als Wörter, von deren Sinn abgesehen werden soll, nicht teils Dingwörter, teils Zeitwörter u. dgl. auftreten, sondern ausschließlich Dingwörter, nämlich: Student, Tag, N, $a, \ldots, k$ und p, sowie Z als Name eines bestimmten Zusammenhangs. Welcher Zusammenhang mit Z gemeint ist, davon werden wir abzusehen haben; daß es aber ein »Zusammenhang« ist, bleibt festzuhalten. Vom Sinn des Ausdrucks »in einem Zusammenhang stehen« kann nicht abgesehen werden.

Weiter befreie ich die Fassung der Stammsätze von dem Umstand, daß mit N ein Student gemeint war, daß also dem Ding N die Eigenschaft »ein Student sein« zukam, und behalte bloß zurück: Das Ding N hat eine gewisse Eigenschaft, etwa die »Eigenschaft S«. Endlich sehe ich davon ab, daß mit $a, \ldots, k$ und p Tage gemeint waren, daß also den Dingen $a, \ldots, k$ und p die Eigenschaft »ein Tag sein« zukam, und behalte bloß zurück: Die erwähnten Dinge

haben eine gewisse andere Eigenschaft, etwa die »Eigenschaft *T*«. Dadurch verwandelt sich der Stamm A_0 in den folgenden:

(Stamm B.) Das Ding *N* steht mit jedem der Dinge *a*, ..., *k* im Zusammenhang *Z*. Das Ding *N* steht mit dem Ding *p* nicht im Zusammenhang *Z*. Das Ding *N* hat die Eigenschaft *S*. Die Dinge *a*, ..., *k* und *p* haben die Eigenschaft *T*.

Jetzt ist erreicht, daß als Wörter, von deren Sinn abgesehen werden soll, nur Namen auftreten, und zwar nur Eigennamen: *N*, *a*, ..., *k*, *p*, *Z*, *S*, *T*. Welche Eigenschaften mit *S* und *T* gemeint sind, davon ist abzusehen; daß es aber Eigenschaften sind, ist festzuhalten. Vom Sinn des Ausdrucks »eine Eigenschaft haben« kann aber ebensowenig abgesehen werden, wie vom Sinn des Ausdrucks »in einem Zusammenhang stehen«.

Vom Stamm B kann man zum Stamm A_0 zurückkehren, indem man für »die Eigenschaft *S* haben« einsetzt: ein Student sein, für »die Eigenschaft *T* haben«: ein Tag sein; sodann zum Stamm A, indem man für »im Zusammenhang *Z* stehen mit einem Tage« einsetzt: gefehlt haben an dem Tage. Wenn man jedoch den Stamm B für sich allein betrachtet, so hat man es nur rein »formal« mit Aussagen über Dinge *a*, ..., *k* und *p*, sowie über einen Zusammenhang *Z* und Eigenschaften *S* und *T* zu tun. Indem man also von der Fassung A zur Fassung B aufsteigt, hat man A — so will ich sagen — »formalisiert«; kehrt man von B zu A zurück, so tritt an die Stelle des bloß Formalen wieder »Reales«. Ich nenne deshalb B eine Formalisation von A, A eine Realisation von B.

Bei dieser Auffassung des Stammes B sind *N*, *a*, ..., *k*, *p*, *Z*, *S* und *T* nichts als willkürlich gewählte Zeichen, die gleichsam dazu dienen, in B Plätze nur zu belegen. Das Besetzen von Plätzen mit bestimmten Werten bleibt vorbehalten; es kann so geschehen, daß B sich in A verwandelt, aber auch auf andere Art. Werden die im Grunde »leeren« Plätze in B auf bestimmte Art besetzt, so sage ich: B wird »ausgefüllt«; ich nenne B einen leeren Stamm, A einen ausgefüllten Stamm. Der ausgefüllte Stamm ist eine Realisation des leeren; der leere Stamm ist eine Formalisation des ausgefüllten.

Am leeren Stamm B ist es nicht wesentlich, mit welchen Zeichen die Plätze belegt werden; nur müssen, wo gleiche Zeichen standen, wieder gleiche stehen, wo verschiedene standen, wieder verschiedene. Alles übrige am Stamm ist wesentlich. Ich will das Wesentliche als das Gerüst des Stammes den zum Belegen benützten Zeichen gegenüberstellen.

Die Nützlichkeit unseres Vorgehens beruht darauf, daß die

Haltbarkeit des Stammes A steht und fällt mit der Haltbarkeit des Stammes B. Denn genau so, wie sich A in A_0 und dann in B übertrug, überträgt sich jede Folgerung aus A in eine Folgerung aus A_0 und dann in eine Folgerung aus B; ganz dasselbe gilt für den umgekehrten Übergang von B durch A_0 zu A. Stößt man also auf einen Widerspruch bei den Schlüssen aus A, so entspricht ihm ein Widerspruch aus B, und umgekehrt.

An die Stelle der Prüfung des Stammes A setze ich daher jetzt die Prüfung des Stammes B. Diese vereinfacht sich, wenn ich folgenden Stamm zuziehe:

> (Stamm B'.) Das Ding N' steht mit jedem der Dinge $a', \ldots, k'$ im Zusammenhang Z'. Das Ding N' steht mit dem Ding p' nicht im Zusammenhang Z'. Die Dinge $N', a', \ldots, k'$ und p' haben die Eigenschaft S'.

Der Stamm B' entsteht aus B dadurch, daß statt $N, a, \ldots, k, p, Z, S, T$ eingesetzt werden: $N', a', \ldots, k', p', Z', S', S'$, also statt der verschiedenen Eigenschaften S und T eine einzige, die Eigenschaft S'. Dieselbe Wirkung erreiche ich, wenn ich auch statt der Eigennamen S und T wieder verschiedene, S' und T', einsetze, jedoch den Eigennamen T' für gleichbedeutend mit S' erkläre. Ich mache dabei Gebrauch von der Regel, daß es zwar unerläßlich ist, Verschiedenes durch Verschiedenheit der Bezeichnungen auseinander zu halten, jedoch statthaft, neben einer Bezeichnung andere als mit ihr gleichbedeutend zu verwenden. So bedeutet in der Summe $a + b$ häufig b dieselbe Zahl wie a.

Wenn ich nun aus dem Stamm B durch einen oder mehrere Schlüsse eine Folgerung F herstelle, arbeite ich nur mit dem »Gerüst« des Stammes, nicht mit irgendeiner Bedeutung der zum Belegen von Plätzen benutzten Zeichen. Die Arbeit wird auch davon nicht beeinflußt, ob zwei verschiedene Zeichen, wie S und T, Verschiedenes oder Gleiches bedeuten. Mit anderen Worten: Wenn ich die Aussage F in eine Aussage F' verwandle, indem ich in F die Zeichen $N, a, \ldots, k, p, Z, S, T$ durch $N', a', \ldots, k', p', S', T'$ ersetze, dabei T' als gleichbedeutend mit S' betrachte, demgemäß schließlich T' durch S' ersetze, so ist F' eine Folgerung aus B'. Aber von F' kann ich dann nicht mit Sicherheit zu F zurückfinden.

Es seien nun F, G Folgerungen aus dem Stamm B, wobei als Folgerung auch jeder Stammsatz gelten soll. Verfahre ich mit der Aussage G, wie ich soeben mit F verfahren bin, so verwandelt sich G in eine Aussage G'; F' und G' sind Folgerungen aus B'. Steht nun G im Widerspruch zu F, d. h. ist G das (kontradiktorische)

Gegenteil von F, so ist G' das Gegenteil von F'. Da hiernach ein Widerspruch aus B einen Widerspruch aus B′ nach sich ziehen würde, so folgt: Ist der Stamm B′ haltbar, so ist der Stamm B ebenfalls haltbar. Dagegen würde, wenn B′ sich als nicht haltbar, vielleicht nicht einmal anhörbar erweist, dies über die Haltbarkeit von B nichts besagen.

Auch B′ ist ein leerer Stamm. Um seine Haltbarkeit zu beweisen, bediene ich mich einer »Realisation«. Dazu werde ich Zahlen verwenden. Wie schon oben für die Geometrie ausgesprochen wurde, lasse ich überhaupt hier die Lehren der Arithmetik, also die Eigenschaften der Zahlen, aber nur diese, als »allgemein geläufige Tatsachen« gelten, die Arithmetik als ein Gebiet, in dem Widersprüche nicht zustande kommen können. Was hierzu veranlaßt, wird später erörtert werden. Wählen wir nun im Stamm B′ als Eigenschaft S' die Eigenschaft: eine Zahl sein, so sagt der dritte Satz von B′: Die Dinge N', a', . . ., k' und p' sind Zahlen; und B′ geht über in:

> Die Zahl N' steht mit jeder der Zahlen a', . . ., k' im Zusammenhang Z'. Die Zahl N' steht mit der Zahl p' nicht im Zusammenhang Z'.

Wählen wir weiter für N' die Zahl 11, für a', . . ., k' die Zahlen 1 bis 10, für p' die Zahl 15, so erhalten wir:

> Die Zahl 11 steht mit jeder der Zahlen von 1 bis 10 im Zusammenhang Z'. Die Zahl 11 steht mit der Zahl 15 nicht im Zusammenhang Z'.

Wählen wir endlich für »im Zusammenhang Z' stehen mit einer Zahl« das »größer als die Zahl sein«, so lautet das Ergebnis:

> (Stamm C.) Die Zahl 11 ist größer als jede der Zahlen von 1 bis 10. Die Zahl 11 ist nicht größer als die Zahl 15.

Die Sätze, aus denen der so gewonnene Stamm C besteht, sprechen gesicherte, sogar »allgemein geläufige« Tatsachen aus, Tatsachen aus der Arithmetik, aus den Anfangsgründen der Lehre von den Zahlen. Ließe sich aus solchen Sätzen, oder aus ihnen in Verbindung mit anderen Sätzen der Arithmetik, ein Widerspruch herleiten, so wäre dies ein Widerspruch innerhalb der Arithmetik. Die Wahl, durch die der Stamm C als eine Realisation von B′ gewonnen wurde, hat also den Erfolg, daß diese Realisation ganz gewiß ein haltbarer Stamm ist.

Hiernach hat der leere Stamm B′ die Eigenschaft, eine Realisation zuzulassen, die haltbar ist. Ist aber eine Realisation C des Stammes B′ haltbar, so ist B′ selbst haltbar. In der Tat:

Wenn B′ nicht haltbar wäre, so liefe dies darauf hinaus, daß aus B′ zwei Folgerungen, etwa *P* und *Q*, gezogen werden können, die einander widersprechen, indem jede das Gegenteil der anderen ausdrückt. Beim Aufstellen von Folgerungen aus B′ werden aber *N*′, *a*′, ..., *k*′, *p*′, *Z*′ und *S*′ lediglich als Zeichen mitgeführt; von einer bestimmten Bedeutung dieser Zeichen ist dabei keine Rede. Die Aussagen *P* und *Q* bleiben mithin Folgerungen und bleiben im Widerspruch miteinander, wenn ich die Plätze der genannten Zeichen mit bestimmten Werten besetze. Wähle ich insbesondere diejenigen Werte, die vom leeren Stamm B′ zur Realisation C geführt hatten, so verwandeln sich *P* und *Q* in Folgerungen aus C, und zwar in Folgerungen, die einander widersprechen. Einander widersprechende Folgerungen läßt ja aber der Stamm C, da er als »haltbar« anerkannt wurde, nicht zu; der dem ganzen Gedankengang zugrunde gelegte Zweifel an der Haltbarkeit des Stammes B′ muß mithin aufgegeben, auch B′ als haltbar anerkannt werden.

Aus der Haltbarkeit des Stammes B′ folgt die des Stammes B, aus dieser schließlich die Haltbarkeit des Stammes A.

Die Haltbarkeit des Stammes C umfaßt nach dem oben über C Gesagten den Fall, daß beim Folgern nicht bloß die Sätze des Stammes benutzt werden, sondern auch irgendwelche andere Sätze aus der Arithmetik; d. h.: Der um die zugezogenen arithmetischen Sätze erweiterte Stamm ist ebenfalls haltbar. Dasselbe gilt für die Stämme A, B und B′. Durch die angegebene Erweiterung entstehen nämlich aus A, B, B′ und C Stämme *A*, *B*, *B*′ und *T*; da *T* haltbar ist, so sind auch *B*′, *B* und *A* haltbar.

Fassen wir zusammen: Wenn ein Stamm vorliegt, so entsteht die Frage, ob er haltbar ist. Den Fragen dieser Art stehen wir, allgemein betrachtet, ratlos gegenüber; doch gibt es besondere Fälle, wo man zu einer Antwort gelangen kann. Als Beispiel eines solchen Falles benutzten wir einen gewissen, mit A bezeichneten Stamm, dem unsere »Erste Erzählung« zugrunde liegt. Um den Stamm A zu untersuchen, haben wir ihn zunächst »formalisiert« und dadurch einen »leeren« Stamm B erhalten, dem A als eine »Realisation« von B, als ein »ausgefüllter« Stamm gegenübersteht. Alles hing jetzt davon ab, ob B haltbar ist oder nicht. Bis hierher war das Verfahren einem Plan gemäß und immer anwendbar. Anders bei dem weiteren Vorgehen, das über die Haltbarkeit des leeren Stammes B Aufschluß geben sollte. Bei diesem Teil des Verfahrens wurde nicht eine bestimmte, allgemeine Vorschrift angewendet, sondern ein Gedanke, der, nur dem ganz besonderen Fall angepaßt, als ein »glück-

licher Einfall« zu bezeichnen ist und lediglich dem Erfolg seine nachträgliche Rechtfertigung verdankt. Stellt sich ein solcher Gedanke nicht ein, so kann die gestellte Frage eben nicht beantwortet werden; die Haltbarkeit des Stammes A, d. i. seine innere Folgerichtigkeit, bleibt dann unentschieden, der Stamm nicht verwendbar.

Der rettende Gedanke bestand darin, in dem leeren Stamm B′, der an Stelle von B untersucht werden durfte, die durch gewisse Zeichen belegten Plätze mit geeigneten Gegenständen aus der Arithmetik derart zu besetzen, daß ein zweifellos haltbarer Stamm C erzeugt wurde. Eine geeignete Wahl solcher Gegenstände aus der Arithmetik gelang. Damit war die Haltbarkeit des Stammes A erwiesen, die Antwort auf die gestellte Frage gefunden.

Wie findet man aber in jedem einzelnen Fall die zum Einsetzen in den leeren Stamm B′ geeigneten Gegenstände? Das, wie gesagt, ist Sache eines glücklichen Einfalls. Nur das eine wird festzustellen sein: daß man die einzusetzenden Gegenstände aus der Arithmetik entlehnt. Aber noch mehr: Bei unserem Beispiel beruhte der Erfolg wesentlich darauf, daß aus dem zu prüfenden Stamm B′ ein Stamm hergeleitet wurde, der ausschließlich arithmetischen Inhalt hat. Ich möchte sagen: Der Stamm B′ wurde »arithmetisiert«. Soweit die bisherigen Erfahrungen reichen, bietet sich, wenn ein Stamm vorgelegt ist und seine Haltbarkeit bewiesen werden soll, kein anderer Weg dar, als auf gut Glück zu versuchen, ob es gelingt, den Stamm zu arithmetisieren, und zwar so geschickt zu arithmetisieren, daß sich ein haltbarer Stamm ergibt, nämlich ein Stamm von bewiesenen oder beweisbaren Sätzen aus der Arithmetik.

Damit bin ich bei einem Punkt angelangt, der sich schon an früheren Stellen geltend gemacht hat, dessen ausdrückliche Besprechung aber noch vorbehalten worden war. Ich habe die Lehren der Arithmetik, aber nur diese, als allgemein anerkannte Lehren zugelassen und betrachte in Verfolg dieser Auffassung einen Stamm dann und nur dann ohne weiteres als haltbar, wenn er aus lauter bewiesenen arithmetischen Sätzen besteht. Ich stelle mich damit auf den Standpunkt, daß die innere Folgerichtigkeit dem Lehrgebäude der Arithmetik ohne weiteres zukommt, jedem anderen Lehrgebäude aber nur auf Grund eines besonderen Beweises zuerkannt werden darf[1]).

1) Vgl. hierzu die vorletzte Seite meines Aufsatzes »Über den Bildungswert der Mathematik«, der hinter dem vorliegenden Aufsatz abgedruckt ist; sowie: Study, Die realistische Weltansicht und die Lehre vom Raume, 1914, S. 132.

Wodurch erklärt sich nun das Vertrauen in die innere Folgerichtigkeit der Arithmetik? Dieses Vertrauen wird tatsächlich der Arithmetik und überhaupt der Mathematik entgegengebracht; und das Vertrauen beschränkt sich nicht auf die bloße innere Folgerichtigkeit, sondern es tritt uns als Vertrauen in die vollkommene Zuverlässigkeit des mathematischen Lehrgebäudes, als Glaube an die »mathematische Gewißheit« entgegen. Es genügt aber nicht, daß wir das Bestehen dieses Glaubens feststellen; wir müssen vielmehr untersuchen, wie er — wenigstens für die Arithmetik — begründet werden kann.

Ich habe an einer früheren Stelle betont, daß die Arbeit der Geometrie keine begrenzte ist, niemals einen Abschluß erreichen kann, daß aber trotzdem alles, was die Geometrie hervorbringt, aus einem »Stamm«, einer begrenzten Anzahl von »Stammsätzen«, entspringt, und zwar durch Schlüsse, bei denen außer den Stammsätzen nur die Sätze der Arithmetik benutzt werden. Diese Schlüsse setzen voraus, daß die Stammsätze (Grundsätze, Axiome, Postulate) der Geometrie einen haltbaren Stamm bilden; die Mittel für den Beweis der Haltbarkeit liefert die »analytische Geometrie«, die auf ein »Arithmetisieren« der reinen Geometrie hinausläuft. Hier ganz besonders zeigt sich die Stärke des Glaubens an die Arithmetik, der tiefer wurzelt, als der Glaube an die Geometrie, ja diesem als Stütze dienen muß. Daß aber die Arithmetik die Geometrie stützt, zum Beweis für die Haltbarkeit der Geometrie verhilft, wird nur dadurch ermöglicht, daß man die Geometrie auf einen Stamm zurückführt. Will man sich also auch gegenüber der Arithmetik nicht mit dem überlieferten und durch die ungeheure Fülle von erfolgreichen Anwendungen befestigten Vertrauen begnügen, sondern eine Begründung dafür suchen, so entsteht die unumgängliche Forderung, auch die Arithmetik auf einen Stamm zurückzuführen.

Die Haltbarkeit der Geometrie hat man als bewiesen zu betrachten, wenn man die Haltbarkeit ihres Stammes bewiesen hat. Ebenso muß man die — in der Geometrie vorweggenommene — Haltbarkeit der Arithmetik anerkennen, wenn man die Haltbarkeit ihres Stammes anerkannt hat. Während aber für die Untersuchung der Geometrie ein Hilfsmittel zu Gebote stand, nämlich die Arithmetik, so steht ein solches Hilfsmittel für die Arithmetik selbst nicht zu Gebote; hinter die Arithmetik, diese Grundwissenschaft aller Mathematik, können wir eben nicht zurückgehen. Wir sind in der Arithmetik darauf angewiesen, ihren Stamm aus sich heraus zu beurteilen.

Daraus ergibt sich die Richtschnur, der man bei dem Aufdecken der Stammsätze der Arithmetik folgen muß, wenn der uns vorschwebende Zweck erreicht werden soll. Für andere Zwecke mag man die Aufgabe so lösen, daß Begriffe, wie der der Menge oder der der Zahl, die erst im Lauf einer langen Entwicklung ihren ursprünglichen Umfang zum heutigen erweitert haben, in den Stammsätzen schon fertig auftreten, statt sich vor unseren Augen herauszuarbeiten. Wenn auch die Möglichkeit besteht, daß ein dieser Auffassung angepaßter Stamm die ganze vorhandene Arithmetik zusammenfaßt, so gibt ein solcher Stamm doch keinen Aufschluß über die Quelle, aus der die Arithmetik fließt. Nur dadurch, daß man die Arithmetik bis zu ihrer Quelle zurückverfolgt, kann man Stammsätze gewinnen, die mit der Eigenschaft der Unentbehrlichkeit die der äußersten Einfachheit verbinden. Stammsätze dieser Art darf man als primitive Stammsätze oder als Grundsätze (als Axiome im eigentlichen Sinn) bezeichnen[1]). Ihnen kann man die anderen als abgeleitete Stammsätze (Axiome im weiteren Sinn) gegenüberstellen.

Was die aus den Gedankenreihen der Arithmetik herausgeschöpften Grundsätze[2]) aussagen, ist unentbehrlich nicht bloß für den Aufbau der Arithmetik und überhaupt für die Mathematik, sondern weit über deren Grenzen hinaus. Denn diese Vorstellungen zeigen sich allerwärts in unseren Schlußketten, oder sie schieben sich zwischen die Glieder unserer Schlußketten, jedoch, wegen ihrer äußersten Einfachheit, ohne ins Bewußtsein zu dringen und beachtet zu werden. Was in jenen Grundsätzen niedergelegt ist, können wir also nicht ausschalten; den Inhalt der Grundsätze haben wir in uns aufgenommen, als wir Erfahrungen bildeten und sprachlich festlegten. Bekennen wir uns aber zu diesem Inhalt, so sind alle Folgerungen, die daraus durch noch so verwickelte Schlüsse hergeleitet werden, für uns bindend. Damit stellen wir uns auf den Boden, daß diese Folgerungen miteinander nicht in Widerspruch geraten können.

1) Im Archiv der Mathematik und Physik 1916 Bd. 24, S. 276, habe ich vorgeschlagen, die Axiome (im eigentlichen Sinne) in Kernsätze zu verdeutschen und die durch sie verknüpften mathematischen Begriffe Kernbegriffe zu nennen, weil die Wörter »Grundsätze« und »Grundbegriffe« häufig anders verstanden werden. Die Kernsätze eines Gebiets bilden dann dessen Kern. Siehe auch meinen Aufsatz: Grundfragen der Geometrie. Journal f. d. reine u. angew. Math. 1917. Bd. 147. S. 184.

2) Solche Grundsätze (Kernsätze) habe ich in den »Grundlagen der Analysis« (1909) aufgestellt und in »Veränderliche und Funktion« (1914) weiter bearbeitet. Eingehend wird dieser Gegenstand erörtert in dem Aufsatz »Der Ursprung des Zahlbegriffs«, der im Archiv der Mathematik und Physik erscheint.

Dies sind die Erwägungen, aus denen wir die Berechtigung schöpfen, den Stamm, den die primitiven Stammsätze der Arithmetik bilden, für widerspruchsfrei oder »haltbar« zu erklären, somit der ganzen Arithmetik innere Folgerichtigkeit zuzuerkennen und die Arithmetik auf anderen Gebieten zum Nachweis innerer Folgerichtigkeit zu benutzen.

Das Gebiet, wo sich das Bedürfnis nach Aufschluß über die Haltbarkeit von Stämmen in erster Linie geltend macht, ist die Geometrie (siehe S. 275 und 284). Für die Stämme, zu denen die Arbeit des Geometers führt, wird demgemäß das »Arithmetisieren« von Stämmen in erster Linie verwertet. Der Geometer ist aber darauf angewiesen, in seine Schlüsse die Lehren der Arithmetik un edenklich verweben zu können (siehe ebenda). Der Geometer, dem ein Stamm S vorliegt, ist deshalb erst beruhigt, wenn S sich als haltbar erweist in dem Sinn, daß beim Folgern außer den Sätzen des Stammes auch beliebige Sätze der Arithmetik benutzt werden dürfen. Um so wichtiger ist es, daß der Haltbarkeit des Stammes S von selbst der umfassendere Sinn zukommt, wenn der Beweis der Haltbarkeit durch Arithmetisieren geführt wurde; d. h. daß dann der um die zugezogenen arithmetischen Sätze erweiterte Stamm, der Σ heißen mag, ebenfalls haltbar ist. Die Haltbarkeit des Stammes Σ wird durch denselben Gedankengang begründet, wie auf S. 281 f. die des Stammes B′ begründet wurde.

Die entgegengesetzte Erscheinung wäre die eines Stammes, der nur in engerem Sinn haltbar ist, dessen Haltbarkeit also nicht mehr sicher ist, wenn mit den Stammsätzen beliebige Sätze der Arithmetik verbunden werden. Um hierfür ein Beispiel zu bilden, das sich an die früheren Beispiele anschließt, benutze ich noch einmal den Stamm B′ (S. 280). Treffe ich wieder die Wahlen, die zum Stamm C (S. 281) geführt haben, jedoch mit dem Unterschied, daß ich für »im Zusammenhang *Z′* stehen mit einer Zahl« jetzt das »kleiner als die Zahl sein« wähle, so verwandelt sich B′ in:

> (Stamm D.) Die Zahl 11 ist kleiner als jede der Zahlen von 1 bis 10. Die Zahl 11 ist nicht kleiner als die Zahl 15.

Solange ich von den hier vorkommenden Zahlen und dem Begriff »kleiner« nichts weiter berücksichtige, als was der Stamm D ausspricht, solange ich also einzig und allein mit dem Wortlaut der Stammsätze arbeite, komme ich zu keinem Widerspruch. Es genügt aber, aus der Arithmetik einen der Sätze:

> Die Zahl 11 ist nicht kleiner als jede der Zahlen von 1 bis 10. Die Zahl 11 ist kleiner als die Zahl 15.

zu entnehmen und ihn mit D zu einem Stamm Δ zu vereinigen, um die Haltbarkeit vollständig aufzuheben. Der Stamm Δ ist nicht »anhörbar« und schon deshalb nicht haltbar.

Die Stammsätze in D widersprechen den Lehren der Arithmetik. Trotzdem ist D im engeren Sinn haltbar; durch Haltbarkeit wird eben die Verbindlichkeit noch nicht gewährleistet. Wir müssen aber wünschen, die Lehren der Arithmetik, in denen wir das Sicherste erblicken, überall unbedenklich anwenden zu können, und dazu bedürfen wir der Haltbarkeit im weiteren Sinn[1]).

1) Bei der endgültigen Ausarbeitung dieses Vortrags habe ich aus Besprechungen mit Herrn Kurt Koffka wesentlichen Nutzen gezogen.

II.

Über den Bildungswert der Mathematik[1]).

Bei dem heutigen Anlaß sprechen wir es gern aus, wie wir unsere ganze Kraft freudig an die Aufgaben der Wissenschaft setzen, für die Hebung und Mehrung der zum Betrieb der Wissenschaft erforderlichen Anstalten eintreten. Und indem jeder von uns zu fördern sucht, was ihn erfüllt und ihm das Höchste ist, wirkt er für das Ganze.

Wie weit aber gehen unsere Wege auseinander; wie ungleich ist die Teilnahme, die den verschiedenen Gebieten unserer Arbeit von den ferner Stehenden entgegengebracht wird! Auf breiter Grundlage von Erfahrungen und Bedürfnissen, die das Leben uns täglich zum Bewußtsein bringt, bauen die einen von uns und kehren immer wieder von neuem zur Beobachtung und zur Anwendung zurück. Andere entfernen sich von dieser Quelle so rasch und so stetig, daß der Laie an den Zusammenhang nicht mehr glaubt, ja daß sie selbst die Ausgangspunkte beinahe aus den Augen verlieren. Dies ist heutzutage das Schicksal des Mathematikers.

Das Volk, das die Kunde von Zahl und Form zur Wissenschaft erhob, nannte sie Mathesis — Wissenschaft schlechthin — und erblickte in ihr die Grundlage aller tieferen Verstandesbildung. In der Gegenwart wird niemandem die Bildung deshalb abgesprochen oder bemängelt, weil er von Mathematik nichts weiß und sich nichts vorstellen kann. Worin ist dieser Wechsel begründet, wie weit ist er berechtigt? Das sind Fragen, über die zu reden mir als Mathematiker Bedürfnis ist bei einer Veranlassung, wo die Verantwortlichkeit, die sich an öffentliches Wirken knüpft, lebhafter als je empfunden wird.

Wenn es wahr ist, daß alle wissenschaftliche Arbeit wenigstens mittelbaren oder späten Ertrag für die Menschheit bringt, so gewährt doch dieser Gedanke noch keine volle Befriedigung gegenüber unserm natürlichen Sehnen, von einer unserm Arbeitsaufwand entsprechenden Wirkung uns selbst überzeugen und uns daran erfreuen zu können. So kann es also dem, der die Mathematik an der Universität zu pflegen hat, nicht gleichgültig sein, welchen Beitrag er liefert zur allgemeinen Bildung seiner Zeit. Denn an den technischen Hoch-

1) Rede zum Jahresfest der Universität Gießen am 2. Juli 1894.

schulen, an denen der Betrieb der Mathematik in hoher Blüte steht, liegen die Verhältnisse doch anders als an den Universitäten, wo die spezielleren Teile der Mathematik im wesentlichen vor den künftigen Lehrern unserer höheren Schulen vorgetragen werden. Die Ausbildung dieser Lehrer ist es demnach hauptsächlich, wodurch wir auf unsere Zeit Einfluß zu üben haben. Nun entfernt sich aber der akademische Lehrstoff von dem, was der spätere Beruf des Studierenden unmittelbar beansprucht, in keinem Fach so weit wie in der Mathematik. Der bildende Wert wird also nicht bloß in dem Lehrstoff selbst, in der Aufnahme der einzelnen Kenntnisse zu suchen sein, sondern ebensosehr in dem Verfahren, das überall zur Geltung kommt. Das Verfahren aber ist so überwiegend die Deduktion, daß wir mit dieser uns hier zunächst allein zu befassen haben.

Gewiß bedienen wir uns der reinen Deduktion auf allen Gebieten, im täglichen Leben nicht minder als in den Wissenschaften und bei denjenigen Beschäftigungen, für die wissenschaftliche Schulung vorausgesetzt wird. Nirgends aber herrscht diese reine Deduktion mit solcher Ausschließlichkeit wie in der Mathematik, die ihr besonderes Gepräge eben dadurch erhalten hat. Wie schnell würde selbst unsere nächste Nachbarin, die Astronomie, sich zur Unfruchtbarkeit verurteilt sehen, wenn sie gleich uns versuchen wollte, von irgendwelchen Grundlagen aus durch Schlußfolgerungen allein ihren Stoff weiterzuspinnen! Mit Recht mag man daher von mathematischem Denken, von mathematischer Beweisführung sprechen als von einer Methode, die mit keinem anderen Wissensstoff innerlich verbunden ist, während sie bei dem von der Mathematik behandelten Stoff sich von selbst aufdrängt und für sich allein ausreicht, um der Forschung unerschöpfliche Fruchtbarkeit zu sichern.

Zwar konnten die ersten Anfänge nicht auf diesem Wege gewonnen werden. Zuerst muß jede Wissenschaft Angeschautes sammeln und verarbeiten. Demgemäß ist auch nicht zuerst der abstraktere Teil der Mathematik, die Lehre von den Zahlen, ausgebildet worden, sondern die Geometrie, die Erdmeßkunst und Meßkunst überhaupt, die sich bald zur Lehre von Maß und Gestalt erweiterte. Und hier mußte man allmählich inne werden, daß es möglich war, auf einem sicheren Weg zu neuen geometrischen Wahrheiten zu gelangen, ohne daß Beobachtungen gemacht oder Versuche angestellt wurden. Die so gefundenen Wahrheiten nannte man Theoreme, Lehrsätze. Die Richtigkeit eines jeden Lehrsatzes wird durch einen besonderen Beweis festgestellt. Der Beweis nimmt auf die vorangegangenen Sätze Bezug; was in diesen Sätzen nicht nieder-

gelegt ist, darf in den Beweis nicht verflochten werden. Ist ein derartiger Beweis des Lehrsatzes erbracht, so steht der Satz unumstößlich fest für jeden, der die vorhergegangenen Sätze anerkennt. Indem nun die Mathematik von einer gewissen Stelle an nur Lehrsätze, Sätze mit streng deduktiven Beweisen duldet, gewinnt sie den hohen Grad von Zuverlässigkeit, wegen dessen man von mathematischer Gewißheit zu sprechen pflegt. Sie beginnt mit einer Reihe von einfachen Aussagen, die unsere unmittelbare Anerkennung beanspruchen; haben wir uns mit diesen Grundwahrheiten vertraut gemacht, so müssen die daraus hergeleiteten Lehrsätze uns als unanfechtbar erscheinen, wie verwickelt ihr Inhalt auch sein mag.

Wenn man also Mathematik lernt, so wird nichts weiter verlangt, als daß man erstens gewisse Grundwahrheiten — Grundsätze, Axiome — einsieht, und daß man zweitens folgerichtig weiterdenkt, d. h. Schritt für Schritt nur solche Aussagen aufnimmt, die sich aus vorhergegangenen mit Notwendigkeit ergeben. Dazu genügt aber, daß man die Sprache richtig versteht, und zwar nur diejenigen Bestandteile der Sprache, die allen Denkgebieten gemein sind. Die Begriffe, die besonderen Denkgebieten, z. B. der Naturbeschreibung, angehören, kommen nicht in Frage; die der Mathematik selbst eigentümlichen Begriffe aber spielen ihre Rolle bei den mathematischen Beweisen nicht vermöge ihrer sprachlichen Bedeutung, sondern vermöge der Festsetzungen, die über sie getroffen werden. Solche Festsetzungen sind zunächst die Axiome. Durch diese werden Beziehungen ausgesprochen, die zwischen den einfachsten mathematischen Begriffen, den Grundbegriffen, bestehen. Im weiteren Verlauf werden zahlreiche neue Begriffe eingeführt, Begriffe von zusammengesetzter Art. Jeder zusammengesetzte Begriff muß definiert, d. h. über seine mathematische Bedeutung muß eine genau umgrenzte Festsetzung getroffen werden. Und nur auf diese Festsetzung, auf die Definition des Begriffs, darf man bei seiner Anwendung sich berufen; jede Hineinmischung sonstiger Vorstellungen ist unzulässig[1]).

Sechs Jahre wird der Schüler des Gymnasiums oder Realgymnasiums zu solchem Denken angeleitet, das im Grunde nur auf die Betätigung deutlichen Sprachgefühls hinauskommt. Muß man da nicht erwarten, daß der Hochschule in formaler Beziehung nichts

---

1) Nähere Ausführungen findet man in meinen »Vorlesungen über neuere Geometrie« 1882, zweite Ausgabe 1912 (Sachverzeichnis in der zweiten Ausgabe).

mehr zu tun übrigbleibt, daß die Studierenden durchweg zwar nicht Gewandtheit in der mathematischen Erfindung, aber gefestigtes Urteil über folgerichtigen Gedankengang auf die Hochschule mitbringen? Die Erfahrung entspricht dieser Erwartung nicht. Wenn mit dem Unterricht in den Elementen der Mathematik die Absicht verbunden wird, den Schüler zu logischem Denken und Sprechen zu erziehen, so wird diese Absicht im allgemeinen nicht erreicht.

Daß die von der Schule angestrebte mathematische Ausbildung bei einem Teile der Schüler nicht erzielt werden kann, wird dadurch zugestanden, daß Minderleistungen auf dem Gebiet der Mathematik durch gute Leistungen auf anderen Gebieten ausgeglichen werden dürfen. Aber auch von denjenigen Schülern, deren mathematische Leistungen für genügend erklärt werden müssen, kann man nicht sagen, daß ihnen die Methode in Fleisch und Blut übergegangen sei. Sehen wir uns in allen Berufsarten nach den Männern um, die die höheren Schulen durchgemacht haben. Von einer tieferen Einwirkung des genossenen mathematischen Unterrichts werden wir da bei näherer Prüfung wenig bemerken. Darf man für diese Erscheinung ohne weiteres die Beschaffenheit des Unterrichts verantwortlich machen? Ist sie nicht vielmehr in erster Linie dadurch zu erklären, daß der menschlichen Natur das mathematische Denken im Grunde zuwiderläuft? Ich meine hier nicht sowohl das Denken über mathematische Gegenstände, wie die Form des Denkens, die an mathematischen Gegenständen geübt werden soll.

Nicht der sich selbst zügelnde Verstand, sondern die ungezwungen arbeitende Einbildungskraft ist es, woraus unsere Gedanken mit Ursprünglichkeit hervorgehen. Gegenüber den mannigfaltigen Ansprüchen des Lebens sind wir auf rasches Ergreifen und Handeln zu sehr angewiesen, um uns willig dem Zwang behutsamen Urteilens und peinlichen Prüfens zu überlassen. Auch diejenigen, die besondere Anleitung dazu genossen haben, ja, die mit Denkarbeit vorzugsweise beschäftigt sind, lösen sich von diesem Zwang gern, wo sie seine Notwendigkeit nicht lebhaft empfinden; und sie bleiben vielleicht gerade dadurch genießbarer für die übrigen Menschen, wirksamer in ihrer ganzen Persönlichkeit. So übt selbst der gereifte Mensch wesentlich nur innerhalb des Berufs oder unter bedeutsameren Eindrücken die Selbstbeschränkung, ohne die exaktes Auffassen, Darstellen und Schließen nicht möglich ist.

»Unsere ganze Würde besteht im Denken. Bemühen wir uns also, richtig zu denken. Das ist der Anfang der Moral.« So schrieb ein Mann, dessen Weltweisheit nicht geringer war als sein mathe-

matisches Genie[1]). Aber da der Mensch zum richtigen Denken sich eben nicht leicht selber erzieht, so muß durch Unterweisung frühzeitig eingewirkt werden. Die Schule übernimmt es, die Verstandestätigkeit des Knaben in die rechte Bahn zu gewöhnen. Daß sie diesem Zweck den mathematischen Unterricht in hervorragendem Maße dienstbar zu machen sucht, ist natürlich; daß aber kein entsprechender Erfolg verzeichnet werden kann, darf nicht verwundern. Denn wenn die Verstandesübung in ihrer strengsten Form überhaupt eine durchaus besondere Empfänglichkeit voraussetzt, so konnte es am wenigsten gelingen, schon die mittleren Jahrgänge der Schüler für solche Übung durch einen Stoff zu gewinnen, bei dem die tatsächliche Erkenntnis zu dem logischen Aufwand in so ungünstigem Verhältnis steht wie bei den ersten Elementen der Mathematik. Betrachten wir dieses Verhältnis etwas näher.

Der Mathematiker — so sagt man — gibt für alles, was er behauptet, einen Beweis; und das trifft zu, wenn man die Axiome nicht einbezieht. Aber als ein Beweis gilt dem Mathematiker nicht jedes Verfahren, aus dem man die Überzeugung von der Richtigkeit einer Behauptung schöpft, sondern nur das bereits geschilderte Verfahren, das Schlußfolgerungen aus den vorher anerkannten Sätzen ohne Lücke aneinanderfügt. Nun wird bei einigermaßen verwickelten Dingen auch dem Laien einleuchten, daß kein Mittel zum Ziel führt und endgültige Gewißheit verschafft außer der mathematischen Deduktion. Handelt es sich dagegen um einfachere Dinge, z. B. um die Gleichheit zweier Scheitelwinkel, so wird der Laie sich gern mit einigen Proben begnügen und nach einem sonstigen Beweis schwerlich Verlangen tragen. Dennoch führt die Mathematik den deduktiven Beweis auch für die einfacheren Sätze, wo die Mühe unnötig erscheint. Also ist anzunehmen, daß bei dem Beweis nicht immer bloß die Absicht vorschwebt, den Satz glaubwürdig zu machen.

In der Tat unterscheidet sich der mathematische Beweis von anderen Beweisen nicht nur durch sein Wesen, sondern auch durch seinen Zweck. Dieser Zweck ist ein doppelter. Ursprünglich kann der mathematische Beweis nur ein Mittel gewesen sein, neue Eigenschaften der Figuren und der Zahlen zu entdecken. Neue Eigenschaften aus schon bekannten herzuleiten und allein aus solchen zu

1) Blaise Pascal (1623—1662). Siehe: Les Pensées de Pascal (1670), Texte critique établi par G. Michaut, Fribourg (Suisse) 1896, S. 67. »Toute notre dignité consiste donc en la pensée. C'est de là qu'il faut nous relever, non de l'espace et de la durée, que nous ne saurions remplir. Travaillons donc à bien penser, voilà le principe de la morale.«

beweisen, gelang nun in so reichem Maß und auf so überzeugende Art, daß man sich schließlich gewöhnte, andere Mittel in der reinen Mathematik nicht mehr zuzulassen. Die zur ausschließlichen Herrschaft gelangte Methode mußte aber notwendig auch rückwärts auf das Gebiet einwirken, wo man die Erkenntnisse nicht der Deduktion verdankte. Bei dem Aufbau des Systems ließ eine zufällige Abgrenzung sich nicht aufrecht erhalten; man mußte versuchen, mit deduktiven Beweisen hinterher auch solche Sätze zu versehen, deren Richtigkeit nicht mehr angezweifelt wurde. Der Beweis diente jetzt dem Zweck, darüber Aufschluß zu geben, welche Sätze in logischer Abhängigkeit von den übrigen Sätzen stehen. Der Kreis der Sätze, die ihre Unabhängigkeit noch behielten, zog sich immer enger zusammen; man bemühte sich, diese Sätze — die Grundsätze — auf eine möglichst geringe Anzahl und auf einen möglichst einfachen Inhalt zu beschränken, aus den Grundsätzen aber alle weiteren Sätze zu deduzieren, auch diejenigen, die ohne solche Beweisführung bereits Anerkennung gefunden hatten.

Diese Arbeit — die Ergründung des gegenseitigen Zusammenhangs der gefundenen Sätze — dient nicht bloß der Befriedigung einer gelehrten Liebhaberei, sondern sie hat der Forschung fruchtbare Anregung gegeben und neue Wege eröffnet. Aber die Gesichtspunkte, die hier den Fachmann leiten, und die Erfolge, die seinem Verfahren noch weitere Rechtfertigung gewähren, sind für den Laien fernliegend und unzugänglich. Bereit, sich mit geringen Mitteln überzeugen zu lassen, kann er nicht begreifen, weshalb noch darüber hinaus logische Kunst aufgewendet wird. Wie soll vollends der Knabe in den mittleren Schulklassen sich für schwerfällige Beweise erwärmen, wo sie ihm entbehrlich dünken! Er wird sich empfänglicher zeigen und mehr gefördert werden, wenn man ihn mit logischen Exerzitien an mathematischem Stoff möglichst lange verschont, die verschiedenen Unterrichtsstoffe jedoch nach Kräften benutzt, um das Denk- und Darstellungsvermögen während seines zarten Entwicklungszustandes zu stärken und zu schulen.

Bereits hat die Einsicht, daß nach dieser Richtung Wandel geschaffen werden muß, sich Bahn gebrochen. Trotzdem habe ich bei dem betreffenden Teil der Mathematik noch zu verweilen, um eine andere Seite der Sache zu erörtern. Um es gleich auszusprechen: die Anfangsgründe der Mathematik, mit denen man die Schüler in den ersten Jahren plagt, sind noch gar nicht logisch dargestellt, sind einer solchen Darstellung überhaupt noch nicht fähig. Kaum gibt es einen Lehrgang, dem man nicht in Hauptpunkten Wider-

sprüche, Lücken oder leere Redensarten vorwerfen kann. Und es ist sogar in dieser Hinsicht ein Rückschritt gegen die antiken Muster zu verzeichnen.

Die antike Auffassung hat ihre Verkörperung gefunden in den Elementen des Euklid. In diesem bewunderungswürdigen Werk, einem dauernden Denkmal griechischer Gestaltungskraft, ist der Vortrag der Mathematik nach den Gesichtspunkten, die ich oben auseinandergesetzt habe, und die damals bereits als maßgebend anerkannt waren, streng gegliedert. Aber jedes neue Geschlecht sieht mit neuen Augen. Die spätere Kritik fand Euklids Axiome nicht mehr ausreichend, seine Grundbegriffe nicht mehr einleuchtend. Die Spekulation drang in die Mathematik ein und raubte ihr das scharfe, einfache Gepräge, indem sie Vorstellungen hineintrug, die endlose Kontroversen heraufbeschworen. So hat sich allmählich der Zustand entwickelt, daß die Anfangsgründe der Mathematik in denjenigen jüngeren Darstellungen, die wissenschaftlich sein wollen, meist nicht als eine für Schüler der mittleren oder selbst der oberen Klassen geeignete geistige Nahrung gelten dürfen. Soweit sie Richtiges bieten, müssen sie an die Urteilsreife des Lernenden oft zu hohe Anforderungen stellen; überwiegend aber bieten sie nicht das Richtige, sondern eher eine Menge von anfechtbaren Gedankengängen.

Dieser Vorwurf gegen eine aus ernster Arbeit hervorgegangene, ausgedehnte Literatur klingt hart. Er verliert aber an Härte für den, der die entgegenstehenden Schwierigkeiten erkennt, — Schwierigkeiten, die ebensosehr in der äußeren Form der Überlieferung begründet sind, wie in dem Stoff selbst. Der Sprache, in der wir heutzutage die Mathematik überliefert finden, fehlt die Reinheit, durch die die Alten sich auszeichnen und uns Vorbilder bleiben. Zwar an die Begriffserklärungen, mit denen die einzelnen Bücher der Elemente des Euklid anheben — die Erklärungen des Punkts, der Linie, der Ebene usw. —, mag man hier weniger denken; aber man kann diese Erklärungen überhaupt fortlassen, weil sie eigentliche Definitionen zu sein gar nicht berufen sind. Die mathematische Definition eines Begriffs ist etwas, was unmittelbar oder mittelbar herangezogen werden muß, so oft man den Begriff benutzt. Wenn Euklid aber beispielsweise erklärt, daß eine Linie Länge ohne Breite sei, so gibt es keine Stelle, wo er diese Erklärung heranziehen könnte, um etwas damit zu begründen. Erklärungen dieser Art können nur den Zweck haben, die Vorstellungen, die der Leser von den mathematischen Grundbegriffen mitbringt, schärfer zu umgrenzen. Im übrigen würde für den Aufbau des Systems eine bloße Aufzählung

der Grundbegriffe an Stelle jener Erklärungen, die in dem System tatsächlich nicht zur Verwendung kommen, sehr wohl genügen. Wenn wir nun das System für sich betrachten, so erscheint sein Gefüge wie etwas Vollkommenes. Die Ausdrucksweise ist schlicht und deutlich, die Aneinanderreihung der Gedanken durchsichtig, indem bei der Beweisführung alle Glieder der Schlußkette, die der Verfasser sich selbst zum Bewußtsein gebracht hat, ruhig vor dem Leser ausgebreitet werden.

Wie steht es nun in der neueren Zeit?

Ich kann hierauf mit einem Ausspruch antworten, den einer meiner Vorgänger im Rektorat bei eben dieser Feier vor sieben Jahren getan hat[1]). In der einem Gegenstand aus der Theologie gewidmeten Festrede wird eine Ausdrucksweise, die in der heutigen Mathematik gebräuchlich ist, zu einem Vergleich herangezogen und dann gesagt: »Die Mathematik ist nicht sicher, von Fernstehenden für eine Wissenschaft gehalten zu werden, in welcher die bloß begriffliche Spekulation ein unheimliches Wesen treibe, so sehr, daß ihr wohl zuzutrauen sei, sie führe letzlich auf die Behauptung von Möglichkeiten, die nicht — möglich seien, oder Unsinn bedeuten.« Diese Auffassung, der antiken Mathematik gegenüber undenkbar, ist gegenüber der modernen durchaus berechtigt. Da wird erörtert, ob der Raum unendlich oder unbegrenzt oder beides zugleich sein mag. Man spricht von Dimensionen, die dem Raum beizulegen seien, ohne daß jemand weiß, was diese Dimensionen sind. Die gerade Linie wird zwar durch Definitionen vor der Begegnung mit parallelen Linien gesichert; hinterher aber muß sie sich nachsagen lassen, daß sie die parallelen Linien im Unendlichen schneidet. Es treten irrationale Zahlen auf, die Zahlen sein sollen, und die doch nicht genau — also im Grunde überhaupt nicht — angegeben werden können; imaginäre Zahlen, die eigentlich nicht vorhanden sind, die aber durch Formeln dargestellt und flott in Rechnung gebracht werden. Und so kann man in der heutigen Mathematik oft in Zweifel geraten, ob es sich um wirkliche oder bloß um eingebildete Dinge handelt.

Es versteht sich aber wohl von selbst, daß wir es zum großen Teil mit Ausdrücken zu tun haben, die nicht in eigentlicher Bedeutung zu nehmen sind, sondern in einem übertragenen Sinn verstanden sein wollen. »Ich habe nie gezweifelt,« so heißt es weiter in der angeführten Rede, »daß ein Satz, wie der erwähnte (nämlich von den parallelen Linien), für den Mathematiker vielleicht eine Art

1) F. Kattenbusch, Akademische Festrede, Gießen 1887, S. 4.

elementarer Verständlichkeit habe, man werde nur wissen müssen, was sein Sinn sei. Ich habe mir gesagt, es werde darauf ankommen, die Bedingungen des Zustandekommens eines solchen, für den Nichtmathematiker absurd klingenden Satzes sich darlegen zu lassen, so werde derselbe in seiner Art zweifelsohne unanstößig oder notwendig erscheinen.« In der Tat: Vieles in der Mathematik, was keinen Sinn zu haben oder einen inneren Widerspruch zu enthalten scheint, hat ernste Bedeutung und Berechtigung. Aufschluß darüber zu erlangen, ist freilich meist schwer, manchmal insofern unmöglich, als die in unserer Literatur anzutreffenden Erklärungen weder erschöpfend noch zuverlässig sind. Der Kundige handhabt die übertragenen Ausdrücke und Redewendungen mit Sicherheit und macht sie nutzbar, wie Werkzeuge, in denen weittragende Erkenntnisse sich verkörpern.

Von den sprachlichen Bildungen jedoch, die durch den ihnen zukommenden, wenn auch übertragenen Sinn ihre Rechtfertigung finden, ja deren Dasein einen Fortschritt der Wissenschaft zum Bewußtsein bringt, sind die Ausdrücke wohl zu unterscheiden, die, durch ungesunde Einflüsse in die Mathematik hineingetragen, einen Rückschritt darstellen, der seiner Überwindung große Zähigkeit entgegensetzt. Ich nenne nur Begriffe wie Raum und Dimension[1]); eine größere Anzahl von Beispielen vorzuführen, hält schwer, weil es sich nicht sowohl um einzelne Begriffe, wie um Redewendungen handelt und mithin der ganze Zusammenhang in Betracht gezogen werden müßte. Diese Bemerkung führt mich von der Betrachtung der Ausdrucksweise zu der der gesamten Darstellungsweise in der neueren Zeit.

Altes und Neues steht auch hier in schroffem Gegensatz. So sehr die alte Darstellungsweise dem Leser das Urteil über die Richtigkeit des Inhalts erleichtert, so sehr wird durch die neuere das Urteil erschwert. Wenn Euklid einen Satz beweist, so gibt er die Schritte, aus denen er den Beweis zusammengesetzt hat, ebenso vollständig an, wie er entbehrliches Beiwerk gewissenhaft vermeidet. Ich spreche von den Schritten, aus denen er den Beweis zusammengesetzt hat, nicht von den Schritten, aus denen der Beweis wirklich zusammenzusetzen ist. Denn auch einem Euklid ist es nicht gelungen, die erforderlichen Schritte immer ohne jede Lücke zu erkennen und zu würdigen. Die zurückgebliebenen Lücken sind sogar von ver-

1) Siehe: Vorlesungen über neuere Geometrie. Zweite Ausgabe. S. 100 und 220.

hängnisvoller Bedeutung, und der Versuch, sie auszufüllen, bringt einen Teil des Gebäudes zum Wanken. Aber es bleibt ein unschätzbarer Vorzug, daß die Irrtümer nirgends verschleiert sind, sondern rein zutage treten.

Wie weit haben wir uns von dieser Durchsichtigkeit entfernt! Verschiedene Ursachen haben zusammengewirkt, um der mathematischen Literatur ein anderes Gesicht zu geben. Die Dialektik verleitete dazu, das Wort über den Gedanken zu stellen; das Anwachsen des Stoffs drängte zu größerer Kürze; die Erfindung der Rechnung mit Unendlichkleinem und Unendlichgroßem brachte eine Fülle von neuen Vorstellungen, die erst nachträglich gesichtet werden konnten; und gewiß machten sich auch Veränderungen geltend, die der Geschmack hinsichtlich der Darstellungskunst überhaupt erfahren hat. Für das vorige[1]) Jahrhundert insbesondere ist kennzeichnend, was Gauß, der »Fürst der Mathematiker«, in der Abhandlung sagt, in der er den sogenannten Fundamentalsatz der Algebra zum ersten Mal beweist. Mehrere Mathematiker, darunter Namen von erstem Rang, wie d'Alembert, Euler und Lagrange, hatten vor Gauß Beweise des Fundamentalsatzes veröffentlicht. Indem nun Gauß seinem eigenen Beweise eine Kritik der von seinen Vorgängern eingeschlagenen Gedankengänge vorausschickt und deren Unzulänglichkeit in lichtvoller Weise dartut, äußert er sich ungefähr folgendermaßen[2]): »Wenn jemand anerkennt, daß ein gleichseitiges und dabei rechtwinkliges Dreieck unmöglich ist, hinterher aber ein solches unmögliches Dreieck als eine neue Dreiecksart einführt und ihm Dreieckseigenschaften zuschreibt, so wird man darin ein lächerliches Spiel mit Worten erblicken. Und doch haben bedeutende Mathematiker Sätze, die sich auf die möglichen Größen beziehen, auch auf Gedankengebilde angewendet, von denen es noch zweifelhaft war, ob sie mögliche Größen wären. Ich gebe zu, daß diese und ähnliche Freiheiten häufig nur die Form, in die die Schlußfolgerungen eingekleidet sind, betreffen und bei der Auffindung neuer Wahrheiten von großem Nutzen sein können. Aber bei der Veröffentlichung von Beweisen dürfen solche Freiheiten in der Wissenschaft, die als das vollkommenste Beispiel von Klarheit und Sicherheit gerühmt wird, nicht geduldet werden.«

Ein Vierteljahrhundert nach dem Erscheinen der Gaußischen Abhandlung (1799) wendete Abel seinen tiefdringenden Geist der

1) Das achtzehnte.

2) Ich habe die Stellen frei zusammengezogen.

Durchforschung gewisser Teile der Analysis zu. »Ich will alle meine Kräfte aufwenden,« so ungefähr[1]) schreibt er darüber (1826), »um über das ungeheure Dunkel, das heut in der Analysis herrscht, Licht zu verbreiten. In der höheren Analysis sind wenige Sätze endgültig bewiesen. Bei der Untersuchung habe ich äußerst wachsam sein müssen; denn die Sätze, die ich einst ohne strengen Beweis — d. i. unbewiesen — gelernt habe, sitzen in mir so fest, daß ich fortwährend Gefahr laufe, mich ihrer ohne weitere Prüfung zu bedienen.« »Es ist eine Schmach, daß man es gewagt hat, auf divergente Reihen Beweise zu bauen. Auf solchem Weg kann man alles beweisen, was man will. Mir sind die Augen gründlich aufgegangen: ich sehe, daß wesentliche Teile der Mathematik der Grundlage entbehren. Die bisherigen Anwendungen mögen größtenteils richtig sein; aber ich kann eine Fülle von Beispielen bringen, die zeigen, wie die verbreiteten Vorstellungen zu absurden Folgerungen führen.«

Seit der Zeit, in die diese Äußerungen fallen, laufen zwei Strömungen nebeneinander her, zum Teil ineinander fließend. Die eine führt weiter ab von der antiken Strenge und Klarheit; die andere strebt danach, diese wieder zu erreichen, ja zu übertreffen; und vielfach kann man eine gleichzeitige Einwirkung beider Strömungen beobachten. Noch überwiegt bei uns die erstere. Nicht bloß in den für engere Kreise bestimmten Abhandlungen, sondern auch in Lehrbüchern werden vielfach bei dem Vortrag der Beweise Zwischenglieder in solchem Maße unterdrückt, daß der kundige Leser Mühe hat, die Ergänzung zu finden, der weniger kundige aber verleitet wird, Lücken zu übersehen oder falsch auszufüllen. Hat man die unbedingte Vollständigkeit, die allein eine feste Richtschnur ist, einmal aufgegeben, so ist es eben schwer, die richtige Grenze innezuhalten. Mit dieser Richtschnur geht aber zugleich eine Bürgschaft für die Selbstkontrolle des Autors verloren. Nicht mehr gezwungen, die Gründe vor dem Leser genau zu zergliedern, bringt der Schriftsteller die einzelnen Gedanken auch sich selbst minder lebhaft zum Bewußtsein und setzt über Lücken hinweg, die er nicht auszufüllen vermag, oder die sich überhaupt nicht ausfüllen lassen. Er sucht dann wohl durch die Versicherung nachzuhelfen, daß es »keine Schwierigkeit« habe, die Sache einzusehen, daß die Behauptung »offenbar« oder »selbstverständlich« sei. Man ist eben trotz aller Gegenströmung noch merklich im Bann des Worts. Lange Ausführungen, die im Grunde nichts besagen, werden oft bloß durch

1) Auch hier halte ich mich nicht an den Wortlaut.

die Mitführung gegenstandsloser Begriffe veranlaßt, während fundamentale Dinge übergangen oder mit Scheinbegründungen abgetan werden.

Können schon die alten Schriften nicht in allen Punkten als Schule der Logik dienen, so ist es hiernach vollends gewagt, aus den neueren Schriften Beispiele für wahrhaft deduktives Verfahren zu schöpfen. Nichtsdestoweniger darf man behaupten, daß uns in die Forderungen, die an mathematische Strenge zu stellen sind, eine tiefere Einsicht eröffnet ist als irgendeinem früheren Geschlecht. Eine Periode gewaltiger Arbeit, von der Weierstraß der letzte lebende Zeuge ist, hat weite Gebiete der Mathematik von lange festgehaltenen Irrtümern befreit und sie auf gefestigter Grundlage zu neuer Fruchtbarkeit emporgehoben. Schärfer als je ist uns vorgezeichnet, wie Begriffe zu bilden und zu verknüpfen sind. Die Feinheit der Auffassung hat ihren Höhepunkt erreicht in dem von Kronecker aufgestellten Prinzip, daß alle Zweige der Mathematik nach dem Muster der reinen Arithmetik gestaltet werden müssen. Die Arithmetik oder Zahlentheorie beschäftigt sich mit den Zahlen im engsten Sinn des Worts, den natürlichen oder ganzen Zahlen, und mit Aufgaben, die durch ganze Zahlen gelöst werden sollen. Das, was im elementaren Rechenunterricht unter dem Namen der vier Spezies gelehrt wird, bildet für die Zahlentheorie nicht bloß den Ausgangspunkt, sondern alle, auch die kompliziertesten Operationen dieser Disziplin setzen sich einzig und allein aus jenen vier Rechnungsarten zusammen, die dabei bald in geringerer, bald in größerer, aber stets in begrenzter Anzahl verknüpft werden. Der vollkommensten Einfachheit ihres Stoffs verdankt es die Arithmetik, daß sie sich von den Abwegen hat fern halten können, auf die alle anderen mathematischen Disziplinen geraten sind. Und in die kristallklare Form, die wir in der Arithmetik vor Augen haben, muß nach Kronecker alle Mathematik gegossen werden.

Unter dem Einfluß dieser ganzen Richtung steht jeder heutige Mathematiker. Aber sie hat nicht in dem Sinn durchgreifend gewirkt, daß unsere gesamte Literatur sich nunmehr wirklich in der vorgezeichneten Bahn bewegte. Das tut vielmehr nur der kleinere Teil der Literatur. Wohl sind bestimmte Irrtümer dauernd überwunden, aber ihre Quelle ist nicht verstopft. Die Notwendigkeit, bei allen mathematischen Betrachtungen in lückenlosen Schritten vorwärts zu gehen, wird durch die Geschichte jener Irrtümer eindringlich dargetan, aber diese Erkenntnis scheint zu nüchtern, um sich der Geister vollkommen bemächtigen zu können. Vorstellungen,

über die gleichsam ein Schleier gebreitet ist, heben nicht bloß den Reiz und die Wirksamkeit der Darstellung: sie leisten sogar dem Forscher bei seinem tastenden Suchen oft vortreffliche Dienste. Mögen sie also immerhin als Zutat eine Stelle finden; der Kern der Sache jedoch muß davon frei gehalten werden. Mit Bezug auf eine Reihe von neueren Arbeiten bemerkt ein Schriftsteller: »Allerdings wird die Beurteilung aller dieser Arbeiten durch den Mangel an Präzision des Ausdrucks, der sich in ihnen bemerkbar macht, sehr erschwert[1]).« Zu diesem Vorbehalt sieht sich einer der angesehensten Mathematiker an einer Stelle genötigt, wo er die Absichten und Ergebnisse von Arbeiten aus seinem Spezialgebiet zu besprechen hat. Eigentümlich ist es, daß vielfach gerade die Schriften, die über Prinzipienfragen Licht verbreiten wollen, die Grundbedingungen der Deutlichkeit und Folgerichtigkeit nicht erfüllen. Zur Beleuchtung dieser Verhältnisse diene ein Beispiel. Von alters her wurde angenommen, daß zu einer beliebigen Geraden durch jeden Punkt eine Parallele gezogen werden kann, und zwar nur eine einzige. Euklid hat die Geometrie mit Hilfe eines Axioms aufgebaut, das auf diese Annahme hinausläuft. Spätere haben sich bemüht, dieses Axiom durch andere Axiome zu ersetzen oder gar zu einem Lehrsatz zu erheben, bis man den Versuch machte, die Annahme zu streichen und die Geometrie ohne sie zu begründen. Der Versuch gelang, und es kam die sogenannte Nichteuklidische Geometrie zustande, in der das Euklidsche Axiom und mithin die übliche Parallelentheorie nicht gilt. Die Tatsachen der Erfahrung sah man weder der Euklidischen noch der Nichteuklidischen Geometrie widersprechen. Dennoch könnte ein derartiges System einen inneren Widerspruch enthalten und dadurch mathematisch unhaltbar werden; denn die Erfahrung bezieht sich nur auf angenäherte Brauchbarkeit, die mit gewissen inneren Widersprüchen wohl vereinbar ist. Daß nun die Euklidische Geometrie widerspruchsfrei ist, hat man von jeher versichert. Dagegen ist neuerdings eine längere Untersuchung dem Nachweis gewidmet worden, daß die Nichteuklidische Geometrie einen Widerspruch enthält[2]). Aber die Prüfung des Ergebnisses wird dadurch illusorisch, daß schon die Voraussetzungen, von denen bei einer so delikaten Untersuchung doch alles abhängt, nicht klipp und klar ausgesprochen sind. Auf der anderen Seite fehlt für die

1) Sophus Lie, Theorie der Transformationsgruppen. Bd. 3. 1893. S. XIII.

2) Hermann Schmidt, Geometrische Untersuchungen. Journal für die reine und angewandte Mathematik. 1893. Bd. 112. S. 112ff.

Behauptung, daß die Nichteuklidische Geometrie keinen Widerspruch ergibt, der ausdrückliche Beweis, was im Grunde auch von der Euklidischen Geometrie gilt. Ein solcher Beweis könnte auf analytischer Grundlage geführt werden. Dadurch wäre die Frage wenigstens für diejenigen erledigt, die die Widerspruchsfreiheit der Analysis als etwas Notwendiges betrachten.

Ich habe zu schildern versucht, wie in unserem Jahrhundert neben außerordentlicher Verfeinerung des mathematischen Verfahrens sich eine weitgehende Zwanglosigkeit behauptet. Unverkennbar hängt mit dieser Erscheinung die Lebendigkeit und der Reichtum der modernen mathematischen Produktion zusammen. Aber aus ihr erklärt sich — wenigstens zum Teil — die gegenwärtige Unzulänglichkeit der einführenden Lehrbücher, auf die ich hingewiesen habe als auf eine der Ursachen, weshalb der mathematische Unterricht nicht die formal bildende Wirkung hat, die so nahe zu liegen scheint. Schon diese Verhältnisse rechtfertigen es, daß man auf der Schule die abstrakte Behandlung der Mathematik möglichst hinausschieben und die Grundlehren empirisch behandeln will. Den Wert des abstrakten Denkens wird der jugendliche Geist um so eher begreifen, je sparsamer es angewendet wird, und je mehr die Anschauung ihr natürliches Recht behält. Und das gilt nicht bloß für die Schule, wo man mit denen rechnen muß, die für Mathematik nicht empfänglich sind; es gilt in gewissem Grade noch für den engeren Kreis derer, die auf der Universität ihre Ausbildung suchen, um sich der Mathematik ganz oder vorzugsweise zu widmen. Diesen Studierenden müßte, um ihre mathematische Urteilskraft zu völliger Reife zu erheben, die Mathematik in einer Gestalt vorgeführt werden, die bis ins kleinste folgerichtig ist. Eine derartige Darstellung ist aber nur teilweise durchführbar; einmal, weil ausgedehnte Teile des Stoffs nicht in der geeigneten Form vorliegen; sodann weil man notgedrungen die Konzentration und den Zeitaufwand berücksichtigen muß, den die Erfüllung der theoretischen Anforderungen beansprucht. Soll die Erwerbung von Kenntnissen und die Übung in ihrem selbständigen Gebrauch nicht zu kurz kommen, so muß man sich großenteils mit Methoden begnügen, die dem antiken Ideal nicht entsprechen.

Trotz der neuen Belebung dieses Ideals ist eben der Stoff zur Hauptsache geworden. In der Überfülle dieses Stoffs verschwindet das, was allgemeine Teilnahme erwecken könnte durch seine unmittelbare Bedeutung für das Leben und für das Verständnis der Natur. Das anschauungslose Denken aber, das in der Mathematik seine äußerste Ausbildung findet und in ihr seine höchste Leistungs-

fähigkeit entfaltet, kommt auf anderen Gebieten nur in beschränktem Maße zur Geltung. Um für dieses Maß zu erziehen, kann die Mathematik wohl mitwirken, aber nur durch die einfacheren Lehren, wenn es gelingt, sie rein herauszuschälen.

Der Inhalt ist unvergänglich, die Form aber veränderlich und zwischen Extremen wechselnd. Die Form, die heut von vielen erstrebt wird, bringt uns die ähnlichen Bestrebungen früherer Zeiten in neue Erinnerung. Lassen Sie mich mit einer Erinnerung schließen, die auf die ältesten Zeiten unserer Universität zurückgreift, auf einen Mann, der im zweiten Jahr nach der Stiftung der Ludoviciana die Professur der Mathematik an ihr übernahm. Joachim Jungius, eine der bedeutendsten Persönlichkeiten seiner Zeit, auch als Naturforscher angesehen, ist nach seiner höchst vielseitigen Wirksamkeit von keinem Geringeren als Goethe geschildert worden. In einem Werk, das er »Geometria empirica« betitelte, geht Jungius nicht von Abstraktionen aus, sondern er legt das sinnlich Faßbare zugrunde und sucht mit diesem möglichst weit zu operieren. Er bekannte sich zu dem Grundsatz, daß »alle Wissenschaft auf Erfahrung und Vernunft zu gründen, von der Sophistik zu befreien und zu einer demonstrativen Gewißheit zurückzuführen ist«.

III.
Forschen und Darstellen.

Der Fachgelehrte entschließt sich nicht leicht, die Grenzen des Gebiets, auf dem er sicheren Boden unter den Füßen fühlt, zu überschreiten. Wenn er sich jedoch in die großen Zusammenhänge innerhalb seines Gebiets vertieft und nicht auf halbem Wege stehen bleiben will, so wird er über die Grenze seines Gebiets hinausgedrängt in ein Wurzelgebiet, wo alle Wissenschaften zusammenstoßen. Aus solcher Arbeit erwächst dann wohl das Bedürfnis, zu den allgemeinen Fragen des Erkennens Stellung zu nehmen und sich darüber auszusprechen.

Unter den neuesten Kundgebungen dieser Art, die von Mathematikern herrühren, ist die Schrift von Eduard Study: Die realistische Weltansicht und die Lehre vom Raume, Braunschweig 1914, hervorzuheben. Eine Erläuterung dazu bildet die Abhandlung desselben Verfassers: Das Raumproblem, Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung 1914 Bd. 23, S. 322—334. Briefliche und mündliche Erörterungen zwischen Herrn Study und mir über wesentliche Punkte in den genannten Schriften bestärkten uns in der Ansicht, daß es noch immer an einem Boden für die Verständigung über allgemeine Fragen fehlt, und veranlaßten Herrn Study zu dem Wunsche, daß ich darlegen möchte, wie ich mir den Boden für die Verständigung denke. Indem ich diesem Wunsche nachkomme, werde ich freilich kaum etwas sagen können, was ich nicht schon anderwärts gesagt hätte.

1. Entgegengesetzte Strömungen in der Mathematik.

In seiner Doktorschrift (1799) bezeichnet Gauß die Mathematik als »die Wissenschaft, die mit Recht als das vollkommenste Beispiel von Klarheit und Sicherheit gerühmt wird«, und tadelt an gewissen von großen Mathematikern herrührenden Entwicklungen »die Form, die zwar bei der Auffindung neuer Wahrheiten von großem Nutzen sein kann, aber bei der Veröffentlichung von Beweisen nicht gestattet werden darf«. Es bedarf »vollständiger Entwicklungen, wenn sie wahrhaft überzeugend sein sollen« (1831). Vom Verfasser einer Parallelentheorie sagt Gauß, daß an der Theorie »freilich nichts ist; aber etwas Seltenes ist, daß er meine Anzeige der Blöße

sogleich anerkannt hat« (1827). »Die meisten Menschen haben gar nicht den rechten Sinn für das, worauf es dabei ankommt, und ich habe nur wenige Menschen gefunden, die das, was ich ihnen mitteilte, mit besonderem Interesse aufnahmen. Um das zu können, muß man erst recht lebendig gefühlt haben, was eigentlich fehlt, und darüber sind die meisten Menschen ganz unklar« (1832).

Als das vollkommenste Beispiel von Klarheit und Sicherheit gilt die Mathematik auch heut. Auch heut wird man nur für die Aufsuchung neuer Wahrheiten volle Freiheit in Anspruch nehmen, nicht für die Prüfung und Darstellung des Gefundenen. Ob aber das von Gauß beobachtete Mißverhältnis zwischen dem Verfahren beim Forschen und dem Verfahren beim Darstellen sich tatsächlich geändert hat, wage ich nicht zu entscheiden. Jedenfalls habe ich nicht den Eindruck, als hätte die Einsicht, daß Entwicklungen nur dann wahrhaft überzeugend sein können, wenn sie vollständige Entwicklungen sind, durchgreifende Fortschritte gemacht. Und doch ist diese Einsicht der springende Punkt für den Gegensatz zwischen Forschen und Darstellen.

Gewiß sind viele Irrtümer aufgeklärt, für viele Beweise strengere aufgestellt, in weitem Umfang bei neuen Schöpfungen strengere Methoden angewendet worden. Überwiegend aber trägt die Literatur auch heut das Gepräge nicht von dieser, sondern von der entgegengesetzten Strömung. Die Geneigtheit, nicht bloß gröbere Denkfehler zu würdigen, sondern sich auch über die feineren Verstöße aufzuklären, würde Gauß auch heut als etwas Seltenes bezeichnen und den Ausspruch, daß die meisten gerade das für überflüssig halten, worauf es ankommt, wiederholen können.

2. Zweierlei Bestandteile der Mathematik.

Die Bestandteile der Mathematik, die mit Grundfragen zusammenhängen, bei denen daher selbst der unscheinbarste Denkfehler sich rächen kann, will ich heikle Mathematik nennen, die anderen, bei denen man nur gröberen Denkfehlern ausgesetzt ist, derbe Mathematik. Die Fragen der heiklen Mathematik sind keineswegs als solche schwieriger als die der derben Mathematik. Trotzdem ist nach der obigen Beurteilung der Sinn für die Fragen der heiklen Mathematik wenig verbreitet, noch weniger der Sinn für die Art, wie solche Fragen behandelt werden müssen. Anders kann es auch nicht sein, solange der Mensch hauptsächlich darauf angewiesen ist, sich in der Welt zu behaupten, und auch die geistige Arbeit dadurch unwillkürlich tief beeinflußt wird. Das Streben nach greifbaren Er-

gebnissen muß überwiegen und die Geneigtheit zu einer mehr entsagungsvollen Betätigung schwächen.

Die heikle Mathematik stellt in der Tat eine harte Forderung: unbedingte Vollständigkeit der Gedankengänge.

Auch für die derbe Mathematik gilt es als ein Gebot, daß sie rein deduktiv vorgeht. Dort genügt es aber in den allermeisten Fällen, gewisse zusammengesetzteGedankengänge sicher anwenden zu können, ohne sie zu zergliedern. Dort handelt es sich eben nur darum, gebrauchsfertige Ergebnisse in niederem oder höherem Sinn zu erlangen. Das Bedürfnis nach heikler Mathematik entspringt dagegen ausschließlich aus dem Drang nach Erkennen. Ihre Fragen sind Fragen des Erkennens überhaupt, oder — um eine möglichst enge Abgrenzung auszudrücken — Fragen der Denkwissenschaft. Hier kann nur überzeugen, was restlos zu Ende gedacht und entsprechend dargestellt ist.

3. Folgern aus einem Stamm.

Die Mathematik soll rein deduktiv vorgehen. Was ist damit gesagt?

Nehmen wir den Fall der Geometrie und stellen wir uns auf den Standpunkt, daß von geometrischen Begriffen nur projektive bearbeitet werden sollen, und zwar nur die Begriffe: Punkt, Ebene, Inzidenz (Aneinanderliegen). Ich stelle nun eine Gruppe von Sätzen auf, zunächst in der gewöhnlichen Fassung:

(A.) Durch jeden Punkt gehen Ebenen. In jeder Ebene liegen Punkte.

Mittels des Begriffs der Inzidenz erhalten diese Sätze die für unseren Zweck geeignete Fassung:

(B.) Ist ein Punkt angegeben, so können Ebenen derart angegeben werden, daß zwischen jenem Punkt und jeder dieser Ebenen Inzidenz besteht. Ist eine Ebene angegeben, so können Punkte derart angegeben werden, daß zwischen jener Ebene und jedem dieser Punkte Inzidenz besteht.

Insofern aus diesen Aussagen Folgerungen gezogen werden, nenne ich diese Aussagen die Stammsätze, die Gruppe B den Stamm, die darin auftretenden Fachbegriffe die Stammbegriffe[1]). Die gewöhnliche Fassung des Stammes B ist die Gruppe A. Aus A wird

---

1) Siehe hierzu: Vorlesungen über neuere Geometrie 1882, zweite Ausgabe 1912 (Sachverzeichnis in der zweiten Ausgabe); Veränderliche und Funktion 1914.

man folgern: Durch jeden Punkt geht eine Ebene, und in dieser liegt ein weiterer Punkt. Statt dessen müssen wir in schwerfälligerer Fassung aus B folgern:

(B_1.) Ist ein Punkt angegeben, so kann eine Ebene und ein weiterer Punkt derart angegeben werden, daß zwischen der Ebene und jedem der beiden Punkte Inzidenz besteht.

Die hier auftretenden projektiven Stammbegriffe[1]): Punkt, Ebene, Inzidenz, sind übrigens nicht Kernbegriffe (primitive Begriffe), sondern abgeleitete, die in der Geometrie durch eine besondere Entwicklung aus (einem primitiven Stamm) einem Kern[2]), d. i. einer Gruppe von Kernsätzen (primitiven Sätzen, Beziehungen zwischen Kernbegriffen), gewonnen werden. Die Stammsätze B sind aus dem Kern abgeleitete Sätze. Doch ist dieser Umstand für uns gleichgültig; wesentlich ist nur, daß B_1 eine Folgerung aus dem Stamm B ist, in deren Beweis keine Spur eines Bestandteils eingeht, der nicht im Stamm fertig vor uns stünde.

4. Der mathematische Beweis.

Es wird nötig sein, einiges über den mathematischen Beweis zu sagen; das vorstehende Beispiel soll eben dabei benutzt werden.

Die Aussage B_1 ist nur deshalb eine Folgerung rein aus B, weil ihre Herleitung aus B bis ins kleinste davon unabhängig ist, was die benutzten geometrischen Begriffe bedeuten, also verfolgt und geprüft werden kann ohne Unterstützung durch eine (gezeichnete oder bloß vorgestellte) Figur oder, wenn man will, durch irgendwelche »Anschauung«. Ein Beweis, der diese Probe nicht besteht, ist kein mathematischer Beweis. Wenn er sie nicht besteht, so deutet dies auf Lückenhaftigkeit des Beweises oder des zugrunde gelegten Stammes[3]).

Die Forderung, daß die Bedeutung der Stammbegriffe ausgeschaltet werden soll, kommt darauf hinaus, daß an ihre Stelle bedeutungslose Namen gesetzt werden dürfen. Wähle ich als Decknamen: *P*-Ding, *E*-Ding, *J*-Beziehung, so erhalte ich einen leeren Stamm Γ, eine Formalisation des Stammes B:

(Γ.) Ist ein *P*-Ding angegeben, so können *E*-Dinge derart angegeben werden, daß zwischen jenem *P*-Ding und jedem dieser *E*-Dinge

1) Siehe das Sachverzeichnis zu den »Vorlesungen über neuere Geometrie« unter: Geometrie, graphisch, Stammbegriffe, Stammsätze.

2) Siehe: Archiv der Mathematik und Physik. 1916. Bd. 24. S. 276.

3) Siehe die verschiedenen Ausführungen in den »Vorlesungen über neuere Geometrie« bezüglich der Rolle der Figuren bei Beweisen.

die J-Beziehung besteht. Ist ein E-Ding angegeben, so können P-Dinge derart angegeben werden, daß zwischen jenem E-Ding und jedem dieser P-Dinge die J-Beziehung besteht.

Dem leeren Stamm Γ steht der ausgefüllte Stamm B als eine Realisation gegenüber. Wie B_1 aus B folgt, ebenso folgt eine Aussage Γ_1 aus Γ:

(Γ_1.) Ist ein P-Ding angegeben, so kann man ein E-Ding und ein weiteres P-Ding derart angeben, daß zwischen dem E-Ding und jedem der beiden P-Dinge die J-Beziehung besteht.

Da ich bei den Decknamen mir nichts denke, so arbeite ich jetzt ausschließlich mit den sprachlichen Hilfsmitteln, durch die die Decknamen zu einem Wortgefüge verbunden werden. Das Verständnis für diese Fügemittel ist die notwendige und hinreichende Voraussetzung für alles Folgern aus einem Stamm, also für das Führen eines mathematischen Beweises. Der Beweis ist eine Folge von Schritten, in seltenen Fällen ein einzelner Schritt. Durch den Beweisschritt wird an die bereits vorhandenen Aussagen eine neue angereiht; diese ist entweder der Inhalt einer vorhergehenden Aussage in neuer Einkleidung, oder ein Teil eines solchen Inhalts, oder eine Zusammenfassung von mehreren[1]). Wenn ich von bereits vorhandenen Aussagen sprach, so waren gemeint: der zugrunde gelegte Stamm, die etwa schon bewiesenen Folgerungen, die etwa schon zurückgelegten Beweisschritte. Der ursprüngliche Stamm bildet mit den Folgerungen einen erweiterten Stamm, an den der Beweis unmittelbar anknüpft.

Wörtlich gilt dies nur für den direkten Beweis. Der indirekte Beweis einer Aussage beginnt damit, daß man ihr Gegenteil an den bereitgestellten Stamm versuchsweise anreiht, und ist beendet, wenn ein Beweisschritt zum Gegenteil einer vorhergehenden Aussage geführt hat.

Die Folgerungen aus Kernsätzen sind als Lehrsätze zu bezeichnen. Zwischen die Lehrsätze schieben sich Definitionen. Die Aufstellung der Definition wird durch den Beweis ihrer Zulässigkeit vorbereitet, die Anwendung dadurch, daß man aus der Definition die Folgerungen zieht, die die Definition ersetzen.

5. Vollständigkeit.

Wurde für das Aufsuchen neuer Wahrheiten jede Freiheit zugestanden, so galt für das Begründen Vollständigkeit der Be-

1) Siehe die Ausführungen über den mathematischen Beweis in den »Grundlagen der Analysis« (1909) und in den auf S. 305 und 306 angeführten Werken.

weisschritte als unerläßlich. Die Beweisschritte selbst dürfen sich nur auf die Fügemittel stützen, nicht auf die Fachbegriffe. Stimmt man dieser Auffassung nicht zu, so weiß ich nicht, wie man das Wesen des mathematischen Beweises umgrenzen will[1]).

Wenn es nicht möglich ist, bei der Darstellung von Beweisen jeden Schritt einzeln freizulegen, so bleibt die Forderung der Lückenlosigkeit doch bestehen als die Forderung, die der Darstellende oder Lernende, wenn er einen Beweis prüft, an sich selbst stellen muß. In welchem Maße diese Arbeit ohne Gefahr zusammengezogen werden darf, hängt von der Sicherheit des Urteils ab. Ich glaube nicht, daß die Sicherheit des Urteils anders erworben werden kann als durch vollkommene Zergliederung einer Anzahl von Gegenständen aus dem Gebiet der heiklen Mathematik. Dem durch solche Untersuchungen geübten Blick werden aber auch die Gegenstände der derben Mathematik in hellerem Licht erscheinen.

Ein Beweis muß an bestimmte (primitive oder abgeleitete) Stammsätze anknüpfen. Soll er in Wahrheit nur von den Fügemitteln abhängen, so müssen in den Stammsätzen die Stammbegriffe zwischen den Fügemitteln scharf hervortreten. Diese Notwendigkeit führt aber bis in die Kernsätze zurück und zwingt dort zu klärender Entscheidung darüber, welche Fachbegriffe beibehalten, welche verworfen werden sollen[2]).

6. Die allgemeinen Fragen.

Die Fragen der heiklen Mathematik sind Fragen der Denkwissenschaft und von allgemeiner Bedeutung, Fragen, die auf dem Gebiet der Mathematik in der einfachsten Form auftreten und deshalb dort der vollen Durchdringung am ehesten zugänglich sind. Um so verhängnisvoller ist es, wenn in der Mathematik diese Fragen eine Behandlung finden, die ihrer Eigenart nicht gerecht wird, auf die daher Urteile nicht gegründet werden können. Denn in weitem Umfang besteht auch solcher Behandlung gegenüber die Bereitwilligkeit, die Ergebnisse als gesichert zu betrachten ohne eine selbständige Nachprüfung, die freilich meist eine übergroße Arbeit, oft unübersteigliche Schwierigkeiten verursachen würde.

Bei jeder Aufgabe wird man an die Lösung die höchsten An-

---

1) Vgl. »Vorlesungen über neuere Geometrie«, S. 100.

2) Siehe hierzu: »Vorlesungen über neuere Geometrie«, S. 100, und die »Ergänzung« auf S. 220. Danach fand sich kein Platz für die Worte »Raum« und »Dimension« und kein Anlaß zu Streitfragen, wie sie durch derartige Begriffe hervorgerufen werden.

sprüche stellen, die erfüllbar sind. In der Mathematik muß für die im engeren Sinn mathematischen Teile vollkommenste Durchsichtigkeit der Gedankenbildung und der sprachlichen Ausdrucksmittel verlangt werden, weil sie dort erreichbar ist; die Klärung der vorbereitenden Teile, die sich mit der Einführung von Kernbegriffen oder Kernsätzen befassen, wird dadurch von selbst gefördert. Stellt man diese Teile der Mathematik einander als wissenschaftliche im engeren Sinn und vorwissenschaftliche gegenüber, so kann man entsprechend bei der Behandlung anderer Stoffe wissenschaftliche und vorwissenschaftliche Teile unterscheiden. Stehen diese Teile dann freilich dem Umfang nach zueinander in ganz anderem Verhältnis als in der Mathematik, so kann doch auch da die Mathematik als Vorbild nutzbar gemacht werden — vorausgesetzt, daß sie das eines Vorbildes würdige Gewand anlegt. Nur in diesem kann sie den Boden für die Verständigung über allgemeine Denkfragen bereiten.

Mai 1916.

IV.

Der Aufbau der Geometrie[1]).

1. Als Teil der Mathematik soll die Geometrie sich rein deduktiv vor uns aufbauen. Was sich aus der Forderung reiner Deduktion für das Wesen des Beweises und der Definition ergibt, darüber wird von den Mathematikern nur selten ausdrücklich gesprochen. Da ich bei der Abfassung der »Vorlesungen über neuere Geometrie«, 1882, vom Streben nach lückenloser Beweisführung geleitet war, so bot sich mir Anlaß, Betrachtungen über das Wesen von Beweis und Definition einzuflechten, mehr noch, als ich für die zweite Ausgabe, 1912, Zusätze verfaßte; siehe das Sachverzeichnis zur zweiten Ausgabe unter »Beweisverfahren« und »Definieren«. In den »Grundlagen der Analysis«, 1909, Anhang zu § 2, habe ich den Gegenstand ebenfalls erörtert und das dort Gesagte in »Veränderliche und Funktion«, 1914, weiter verfolgt; siehe das Sachverzeichnis unter »Beweis«, »Deduktion«, »Definition«. Auf denselben Gegenstand bin ich endlich in dem Aufsatz »Forschen und Darstellen« näher eingegangen. Dort habe ich erklärt, was ich unter einem Kern, unter Kernbegriffen und Kernsätzen, ferner unter einem Stamm, unter Stammbegriffen und Stammsätzen verstehe. Als »Kern« der Geometrie kann ein Vorrat von »Kernsätzen«, die geometrische »Kernbegriffe« miteinander verknüpfen, nur gelten, wenn aus ihm der ganze Inhalt der Geometrie abgeleitet werden kann. Dabei ist zu beachten, daß die Arithmetik der Geometrie vorangestellt und mithin unabhängig von dieser entwickelt werden kann, aber nicht umgekehrt; und zwar knüpft die Geometrie ohne Zwischenglied an die Zahlenlehre an. Demgemäß werden in den Kernsätzen der Geometrie arithmetische Begriffe zugezogen.

2. In dem Aufsatz »Forschen und Darstellen« habe ich auch von Beweisschritten gesprochen. Ein Beweis kann in einem einzelnen solchen Schritt bestehen. Jeder andere Beweis muß sich »atomisieren«, d. h. in Beweisschritte auflösen lassen. Vollkommener Einblick in

1) Nähere Ausführungen zu einzelnen Punkten dieses Aufsatzes enthält ein Aufsatz aus dem Jahr 1915: Grundfragen der Geometrie. Journal für die reine und angewandte Mathematik. 1917. Bd. 147. S. 184ff.

Die Abhandlungen »Forschen und Darstellen«, »Über innere Folgerichtigkeit« und »Über den Bildungswert der Mathematik«, auf die ich hier verweise, sind unmittelbar vor der vorliegenden Abhandlung abgedruckt.

einen mathematischen Gedankengang kann nur durch »Atomisieren« erworben werden. Wie die hierauf bezüglichen Untersuchungen notwendig zu »Entscheidbarkeitsfragen« im Sinn von Kronecker (1823—1891) führen, habe ich in »Veränderliche und Funktion« § 76 dargelegt; siehe auch den Aufsatz »Grundfragen der Geometrie« unter V.

Das Beweisverfahren setzt voraus, daß der zugrunde gelegte Kern oder Stamm von innerem Widerspruch frei ist. Bezüglich dieses Gegenstands möchte ich auf den Aufsatz »Über innere Folgerichtigkeit« verweisen.

3. In den »Vorlesungen über neuere Geometrie« habe ich den empirischen Ursprung der Geometrie zur Geltung zu bringen gesucht. Demgemäß konnte der »mathematische Punkt« nicht schon bei der Grundlegung auftreten; er bildete vielmehr das Schlußglied einer längeren, vom »physischen Punkt« ausgehenden Entwicklung. Daraus ergibt sich eine Teilung der Geometrie in einen Unterbau, der vom physischen Punkt zum mathematischen aufsteigt, und ein darauf ruhendes Lehrgebäude, das nur noch den mathematischen Punkt zu kennen braucht.

Die projektive Geometrie geht in dem angeführten Buch aus einem »Stamm« (siehe hier unter Nr. 1) hervor; die zugrunde liegenden Begriffe und Sätze, die Stammbegriffe und Stammsätze der projektiven Geometrie, sind nicht Kernbegriffe und Kernsätze der Geometrie, sondern aus diesen durch Definitionen und Beweise hergeleitet. Ebenso entwickelt sich das erwähnte, sich an den empiristischen Unterbau anschließende Lehrgebäude aus einem Stamm, nicht aus einem Kern. Der Unterbau dagegen entwickelt sich aus einem Kern.

4. Als Geometrie wird herkömmlicherweise bloß ein solches Lehrgebäude hingestellt, ein Lehrgebäude, in dem der mathematische Punkt schon bei der Grundlegung auftritt, also nicht ein Lehrgebäude mit dem in Nr. 3 bezeichneten Unterbau. Bei dem herkömmlichen Vorgehen wird also der mathematische Punkt im Gegensatz zu dem in Nr. 3 geschilderten Gang nicht als ein Begriff eingeführt, der ein Wirkliches bedeutet, sondern — wie ich sagen möchte — als ein hypothetischer Begriff[1]). In demselben Sinn sind überhaupt die Stammbegriffe und Stammsätze in dem ohne empiristischen Unterbau hingestellten Lehrgebäude hypothetische Begriffe und Sätze (Veränderliche und Funktion § 69). Ein solches Lehrgebäude habe

1) Einen »illusorischen« Begriff nennt ihn J. Hjelmslev in der Abhandlung: Die Geometrie der Wirklichkeit, Acta Mathematica, Bd. 40, Heft 1—2 (1915). S. 35.

ich deshalb in dem Aufsatz »Grundfragen der Geometrie« (unter I) als hypothetische Geometrie bezeichnet.

Der Mathematiker kann sich auf die hypothetische Geometrie beschränken, indem er Herkunft und Anwendbarkeit der Geometrie als etwas für den Mathematiker Gleichgültiges betrachtet und die Frage danach ablehnt. Innere Widersprüche in dem Lehrgebäude sind nicht zu befürchten. Aber die abgelehnte Erörterung kann nicht umgangen werden, wenn die Begriffe der hypothetischen Geometrie und die zwischen ihnen angenommenen Beziehungen auf Naturgegenstände — wozu schon die gezeichneten Figuren zu rechnen sind — angewendet werden. Diesem Bedürfnis hat der »empiristische Unterbau« zu entsprechen.

5. Der Empirist kann, wenn er den Unterbau vollendet hat, daran das Lehrgebäude, das ich als die hypothetische Geometrie bezeichnet habe, in seinem rein logischen Aufbau anschließen, ohne den Wortlaut zu ändern. Nur wird er dann, wo vom Punkt die Rede ist, darunter den »mathematischen Punkt« verstehen, dessen Begriff im Unterbau aus dem physischen Punkt heraus entwickelt ist (Vorlesungen üb. neuere Geom., 2. Ausg., S. 203 und Sachverzeichnis).

Ich habe bisher nur vom Punkt gesprochen, nicht von Linie, Fläche oder Körper. Punkt, Linie, Fläche, Körper stehen in der ohne Unterbau hingestellten Geometrie außerhalb allen Zusammenhangs mit den Naturgegenständen, sogar schon mit den die Darstellung begleitenden Figuren, gezeichneten oder »vorgestellten«. Dies tritt scharf hervor, wenn man auf die hypothetische Geometrie das in »Forschen und Darstellen« unter Nr. 4 beschriebene Verfahren anwendet, also für Punkt, Linie, Fläche, Körper »Decknamen« einführt, etwa: *P*-Ding, *L*-Ding, *F*-Ding, *K*-Ding. Eine Geometrie, die dies nicht restlos verträgt, kann der Mathematiker nicht als logisch einwandfrei anerkennen, gleichviel ob er Empirist sein will oder nicht. Siehe auch die verschiedenen Ausführungen in den »Vorlesungen über neuere Geometrie« bezüglich der Rolle der Figuren bei Beweisen (Sachverzeichnis in der 2. Ausgabe unter »Figur«).

6. Daß die Geometrie den einen als »reine Schöpfung des menschlichen Denkens«, anderen dagegen als eine Erfahrungswissenschaft vorschwebt, während wieder andere keine Stellungnahme zu erkennen geben, macht sich besonders in den für den Schulunterricht bestimmten oder auf ihn bezüglichen Büchern fühlbar. Wenn man nämlich genauer zusieht, so findet man nirgend eine jener beiden Anschauungen wirklich durchgeführt, vielmehr werden sie in jedem Buch miteinander vermengt, so daß der Vortrag, selbst wenn er überwiegend

von der einen Anschauung beherrscht wird, doch auch den Einfluß der anderen erkennen läßt. Dadurch werden aber Widersprüche in den Grundaufstellungen des Buchs bedingt. Man kann z. B. an einer Stelle den Körper als einen »allseitig begrenzten Teil des Raums« bezeichnet finden, während in demselben Buch kurz vorher oder kurz nachher von einer Bewegung des Körpers gesprochen wird; ein »Teil des Raums« ist aber nichts Bewegliches.

Bestandteile, die auf Erfahrung als ihre Quelle deuten, wird man in jedem Lehrgang der Geometrie nachweisen können, auch dann, wenn der Verfasser die Geometrie nicht als Erfahrungswissenschaft betrachten will, und man wird gerade diese Bestandteile vergebens auszuschalten suchen. Will man also der Gefahr entgehen, zwei einander widersprechende Anschauungen nebeneinander wirken zu lassen, so muß man sich dazu entschließen, die Geometrie als Erfahrungswissenschaft zu behandeln.

7. Wer eine dieser Auffassung durchweg entsprechende Einführung in die Geometrie herzustellen versucht[1]), stößt gegenwärtig, weil die dazu erforderliche wissenschaftliche Vorarbeit noch weit zurück ist, auf bedeutende Schwierigkeiten und kann seine Absicht nicht mit vollem Erfolg durchführen. Infolgedessen schlüpfen die »reinen Gedankendinge« immer wieder hinein.

Soll die als erforderlich bezeichnete wissenschaftliche Vorarbeit zustande kommen, so muß man die ersten Erklärungen in der Geometrie einer einschneidenden Nachprüfung unterwerfen, um sie mit der Auffassung, wonach die Geometrie eine Erfahrungswissenschaft ist, in Einklang zu bringen. Diese Nachprüfung muß den Forderungen, die für Definition und Beweis in der Mathematik gelten, in vollem Umfang gerecht werden. Gewiß wird das Ergebnis solcher Arbeit in seiner streng wissenschaftlichen Form für Unterrichtszwecke nicht verwendbar sein. Aber zur wissenschaftlichen Klärung des Gegenstands kann ein anderer Weg nicht führen, und ohne die wissenschaftliche Klärung kann die Klärung für die Zwecke eines Lehrbuchs nicht angebahnt werden.

8. Der so vorgezeichnete Weg verlangt eine mühevolle und langwierige Arbeit: logisches Zergliedern des gesamten Erfahrungsstoffs, der der Geometrie zugrunde liegt; Zusammenfügen der herausgeschälten Begriffe und Beziehungen zu einem »Kern«; Nachweis

1) Einen wertvollen Versuch dieser Art stellt das »Lehrbuch der Mathematik« von A. Thaer und G. Lony dar, von dem bisher Ausgabe B, Band 1, erschienen ist (Breslau, Ferdinand Hirt, 1915).

der Vollständigkeit des Kerns. Während aber hier dieser Weg als der einzige erscheinen muß, auf dem das Ziel: wissenschaftliche Klärung der ersten Aufstellungen in der Geometrie, erreicht werden kann, erblicken doch auch solche Mathematiker, die Forschungen über den Erfahrungsgehalt der Geometrie anstellen, in der unzweifelhaft bedeutenden Schwierigkeit jenes Weges einen genügenden Grund, um von ihm abzustehen und mithin dem Leser gerade das vorzuenthalten, wodurch allein ihre Darlegung zu einem klaren und gesicherten Ergebnis der Forschung erhoben werden könnte. So sagt J. Hjelmslev in der bei Nr. 4 angeführten Abhandlung in bezug auf die darin von ihm versuchte, neue und eigentümliche Begründung der Geometrie zwar (S. 41), daß »man darauf denken könnte, eine logische Analyse des ganzen benützten Erfahrungsmaterials vorzunehmen«. Aber er fährt dann fort: »Die vollständige Durchführung dieser Analyse halten wir jedoch für minder wichtig und beschränken uns darauf, die folgenden Tatsachen hervorzuheben.« Und nachdem er einige Sätze angegeben und behauptet hat, daß im wesentlichen diese Sätze für sein »praktisches System der Geometrie als Axiome benützt werden könnten«, nimmt er davon Abstand, einen Beweis für diese Behauptung zu erbringen, weil »eine genaue logische Analyse in einzelne Axiome nach dem Euklidischen Muster sich immer als schwerfällig und unnatürlich erweisen wird« (S. 42).

Eine Zergliederung, die nicht »atomisiert« oder doch auf einer durch Atomisieren erworbenen Sicherheit beruht, hat niemals entscheidende Bedeutung, am wenigsten da, wo die Fragestellung heikel ist. Das beweist schlagend die Geschichte der Parallelentheorie. Die Zergliederung aber, die einzig und allein auf den Grund sehen läßt, ist, wie gesagt, ein mühsames und meist schwieriges Geschäft, das die menschliche Natur erfahrungsgemäß wenig reizt, im allgemeinen sogar auf Abneigung stößt. In diesem Sinn mag es begreiflich erscheinen, wenn ein Forscher, der ein System der Geometrie anstrebt, die »genaue logische Analyse als schwerfällig und unnatürlich« bezeichnet. Wenn er sie jedoch überdies »für minder wichtig hält«, so läßt sich dies mit den Forderungen der Wissenschaft nicht vereinigen.

9. In der Abhandlung von Hjelmslev wird, wie es auch sonst üblich ist, vom »Euklidischen Muster« gesprochen. Dies darf man jedoch nicht so verstehen, als könnten Euklids berühmte »Elemente« für die logische Gliederung der Geometrie heut noch als ein vollkommenes Muster gelten. Was Euklid als Richtschnur vorgeschwebt hat, kann man aus seinem Werk wohl herauslesen, aber

er hat es in wesentlichen Punkten nicht verwirklicht. Erst die neuere Arbeit hat das, was gefordert werden muß, deutlicher gewiesen: scharfe Scheidung zwischen den Lehrsätzen und dem Kern, aus dem sie herauswachsen. Will man zugleich den Fall selbständiger Teile der Geometrie oder der Mathematik überhaupt berücksichtigen, so muß man statt vom »Kern« von einem Stamm sprechen. (Siehe oben Nr. 1—3.)

Ehe in dem Stamm alle Beweismittel bereitgestellt sind, kann nicht zu den Lehrsätzen übergegangen werden. Den Stamm müßte danach im ersten Buch der Elemente des Euklid das vorstellen, was dem ersten Lehrsatz vorangeht: das Verzeichnis von Begriffen und von Behauptungen, die für diese Begriffe gelten sollen. Aber schon der erste Lehrsatz läßt in seinem Beweis die Unvollständigkeit des Verzeichnisses erkennen. Wie in den »V. über n. G.« auf S. 44 näher dargelegt ist, enthält der Beweis eine Lücke, die aus jenem Verzeichnis nicht ergänzt werden kann. Diese Tatsache allein würde schon dazu nötigen, dem an der Stelle, die der Stamm einnehmen soll, aufgestellten Verzeichnis die Vollständigkeit abzusprechen. Aber die Mangelhaftigkeit des Verzeichnisses geht viel tiefer. In dieser Beziehung sei auf S. 16 und 44f. der »V. über n. G.« verwiesen; siehe auch die Abhandlung: Über den Bildungswert der Mathematik.

November 1917.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

